

INSTRUCCIÓN ORTOPÉDICA DE POSGRADO

Lesiones del plexo braquial en el adulto. Parte 2

S. PALAZZI COLL y J. CACERES LUCERO

*Unidad de Nervios Periféricos y Plexo Braquial, Centro Médico Teknon, Barcelona, España.***Reparación quirúrgica***Objetivos funcionales*

El primer objetivo funcional motor ante una parálisis del plexo braquial total es:

- La restauración de la flexión del codo. La mayoría de las neurotizaciones busca, como mínimo, restablecer una flexión voluntaria y suficiente del codo (pinza antebraquial), que indirectamente favorecerá la estabilidad del hombro.

- La corrección de la subluxación glenohumeral es el segundo objetivo, bien sea por reparación o neurotización de, al menos, el nervio supraescapular (activo), o bien, por métodos pasivos (tenodesis o artrodesis). Indirectamente, buscamos una pinza toracobraquial, de gran importancia en estos pacientes.

- Según la extensión y el nivel de las lesiones, los próximos objetivos funcionales serán: la extensión de la muñeca, la flexión de los dedos y una oposición (al menos lateral) del pulgar y el índice.

Una recuperación sensitiva, al menos protectora, en el área autónoma del nervio mediano debería ser el objetivo primario que, por otro lado, pocas veces se alcanza en las lesiones completas.

Reparación quirúrgica

En las lesiones del adulto por tracción, debe exponerse todo el plexo para localizar el nivel (que puede ocurrir en más de uno) y su extensión.^{4,7,8,11,45,48,56}

La exploración quirúrgica se inicia siempre en el triángulo supraclavicular cervical con una incisión en zig-zag cerca del borde posterior del músculo esternocleidomastoideo. Sigue el borde superior de la clavícula y continúa por el surco deltopectoral. En algunas ocasiones empleamos tan sólo una incisión cervical transversa unos 3 cm por encima de la clavícula, que produce una cicatriz más estética. El plexo infraclavicular se aborda por el pliegue axilar anterior.

En cualquier caso, después de incidir la fascia cervical profunda, separar el músculo omohioideo y ligar los vasos cervicales transversos, se identifica el nervio frénico en su curso por delante del músculo escaleno anterior. El nivel en el que el nervio cruza el borde externo de dicho músculo se halla la raíz C5. El reconocimiento de C8 y D1 requiere, en ocasiones, o bien la osteotomía de clavícula, o bien, una escalenotomía anterior.

El abordaje al plexo infraclavicular lo realizamos por vía deltopectoral. La vena cefálica queda adherida al músculo deltoides. Tenotomía temporal del pectoral menor. Si es necesario, tenotomía en Z del pectoral mayor y posterior sutura.

*Hallazgos**LESIONES ABIERTAS*

Son las heridas nerviosas. En general por agresiones,³⁶ accidentes o yatrogénicas. Son las únicas donde es posible precozmente una neurorafia directa. En casos inveterados serán reparadas mediante injertos.

En la serie presentada por J. Restrepo,⁵⁹ de 217 casos de heridas en plexo braquial, 116 pacientes presentaron una lesión vascular importante (carótida interna o vasos subclavios) y en 28, heridas de la cúpula pleural. Recomienda siempre la reparación vascular y nerviosa en el mismo acto quirúrgico.

LESIONES EN CONTINUIDAD, POSGANGLIONARES

A veces, se requiere una difícil decisión intraoperatoria ante una lesión en continuidad con pérdida completa de función. Las técnicas electrofisiológicas intraoperatorias tienen aquí su máxima indicación en la decisión de reseca o no. Varios autores^{35,68} defienden su validez. Después de algunos ensayos nosotros hemos dejado de emplearlas.

Una recuperación funcional secundaria a una neurólisis, con o sin epineurectomía, puede alcanzarse en lesiones del tipo axonotmesis (o grado II-III de Sunderland). Pero siempre queda la duda si el gesto quirúrgico era necesario o si, por el contrario, la recuperación hubiera ocurrido igualmente.

La neurólisis interna quedaría reservada al tratamiento de otras patologías no traumáticas (tumores, plexitis aclínicas, etc.).^{25,43}

En las neurotmesis (grado IV y V de Sunderland) es imperativa la resección del neuroma y la reparación ulterior

Recibido el 3-11-1999.

Correspondencia:

Dr. J. P. CACERES
Av. San Andreu 12, Casa 9
Llavaneras
08392, Barcelona
España
Fax: (3493)211-7969
E-mai: 26977jcl@comb.es

sin tensión. En la práctica, todas las lesiones por tracción necesitan injertos nerviosos autólogos para puentear la pérdida de sustancia. El empleo de adhesivo de fibrina ha facilitado la neurografía, precisa, estable y rápida.^{24,57,58} Una vez medida la distancia entre los cabos, se encolan los extremos proximal y distal del haz de injertos. Se recorta con el neurótomo de Meyer, para lograr una sección transversal. El haz de injertos se encola con los cabos a reparar añadiendo de 2 a 6 puntos de nailon 9/0 para asegurar la estabilidad en rotación.

Los injertos son conducidos "por cuadrantes" según los objetivos propuestos y siguiendo la cartografía fascicular. Debe colocarse la parte anterior de la raíz a una división anterior, del tronco primario o del secundario.

El injerto nervioso es el conductor o guía física para los axones nacientes. El segmento distal, por los factores neurotróficos, "atrae" los axones hacia los objetivos distales.⁴⁰ Las posibilidades de que los axones nacientes ingresen hacia los túbulos con lámina basal y no se pierdan en el tejido interfascicular, aumentan con las características quirúrgicas: a menor tejido interfascicular, menor posibilidad de escape. Cuanto más precisas y estancas sean las suturas, menor posibilidad habrá de pérdida de axones hacia los tejidos vecinos. Los resultados funcionales empeoran con injertos mayores de 15 cm. De todos modos, parece más importante la calidad del lecho que la longitud de los injertos. El factor crítico que determina la sobrevida del injerto libre es la revascularización.¹⁰

A los 3-4 días los vasos penetran por los extremos proximal y distal. A los 6-8 días los vasos del lecho empiezan a revascularizar los vasos epineurales del resto del injerto. La sobrevida del injerto dependerá, no tanto de la longitud, como del calibre y de la mayor o menor cantidad de tejido epineural. No deben emplearse injertos tronculares o masivos (tipo nervio cubital) por el peligro de necrosis central.

En el plexo, como en el resto de las reparaciones del sistema nervioso periférico, los injertos más empleados son: el nervio sural (safeno externo) y el braquial cutáneo interno. Si debemos emplear el nervio cubital hay que prepararlo previamente retirando el epineuro y separando, en lo posible, los fascículos, para optimizar la revascularización.

Con el mismo fin se han empleado y descrito diversas técnicas de injertos nerviosos vascularizados pediculados o libres; estos últimos, mediante restablecimiento vascular por anastomosis microquirúrgicas.

Estas técnicas fueron acogidas con gran entusiasmo en los años 1983-1993 por autores franceses e ingleses.^{27,66} Los resultados finales han moderado tanto el entusiasmo como las indicaciones, que quedarían reservadas a los casos en que es necesario un injerto largo (mayor de 20 cm) en un lecho muy fibroso y avascular (y que no pueda mejorarse mediante colgajos cutáneos o micocutáneos). O en ciertos casos de neurotizaciones extraplexuales contralaterales.

A pesar de que estadísticas recientes revelan resultados motores o sensitivos funcionales empleando conductores o

tubos sintéticos^{37,39} en nervios periféricos, especialmente en el nivel distal, no hay evidencia de que se apliquen en reparaciones del plexo braquial.

AVULSIONES (LESIONES PREGANGLIONARES)

Actualmente, en caso de avulsión radicular, la única posibilidad técnica de reparación (a excepción del implante medular) es la neurotización. Es la transferencia de un nervio sano, desconectado en todo o en parte de su territorio original, a una zona poslesional de un nervio o tronco receptor. Sería pues una transferencia neuronerviosa en donde la función esperada será de mayor valor funcional que la pérdida por el nervio donante. En 1903, Harris y Low¹² implantaron en tres pacientes cabos distales de C5 y C6 a "nervios sanos vecinos".

Probablemente, la primera descripción técnica completa y sus resultados fue la publicada por Seddon y Yeoman en 1963. Conectaron en cuatro ocasiones nervios intercostales al nervio músculo cutáneo.⁶²

Las neurotizaciones pueden ser intraplexuales con empleo de troncos o nervios del propio plexo o extraplexuales. Estas últimas, y dependiendo del nervio transferido, se dividen en homolaterales y contralaterales.

a) Los nervios intercostales más empleados son el III, IV, V y VI, cuyo déficit motor residual es de menor importancia salvo en los casos de parálisis frénica asociada. En estos casos, no somos partidarios de su empleo por el peligro de insuficiencia respiratoria.² Tener en cuenta la zona sensitiva del VI nervio intercostal (areola mamaria) en las mujeres.

Tener en cuenta la parálisis de la musculatura intercostal en los casos de síndrome de Brown-Séquard.

Se necesitan al menos tres intercostales para reinervar el nervio del músculo cutáneo. Nosotros seguimos las indicaciones de Nagano,⁴⁷ disecando los intercostales muy distales. Con ello podemos conectarlos directamente sin intermedio de injertos.

Recordar la técnica de Millesi de reinervar el músculo cutáneo con los intercostales III, IV y V y el ramo motor del tríceps con el VI y VII. En un segundo tiempo transpone el tríceps sobre el bíceps para conseguir una flexión más potente.

Los resultados funcionales útiles que pueden esperarse a los dos años de la neurotización del nervio del músculo cutáneo por intercostales oscilan entre el 70-50% de función útil (M3 o +).

El nervio espinal o nervio accesorio, seccionado distalmente a los ramos, para el trapecio superior, es la transferencia más frecuente (y con mejores resultados) para la neurotización del nervio supraescapular y proveer una estabilidad activa del hombro.³⁶

Siempre hay que descartar previamente una rotura del tendón supraespinoso. Los resultados son mejores en las avulsiones C5-C6 +/- C7 que en las lesiones completas. Narakas recomienda esta neurotización, aun en casos con raíz

ces C5 y/o C6 no avulsionadas y la prefiere a una reparación directa. Nosotros seguimos fieles a esta indicación ya que, al menos en teoría, evita la co-contracción con otros músculos. En el 90% de los casos es posible una sutura directa.

Kotani/Allieu^{3,36} emplean el nervio espinal para neurotizarse el nervio del músculo cutáneo. Requiere empleo de injertos largos y dado el gran desequilibrio entre las fibras mielínicas del nervio espinal (+/-1800) y las del nervio del músculo cutáneo (+/-6000) los resultados son muy parciales.

La consideramos como una intervención de salvataje ante la imposibilidad de otra neurotización más efectiva.

b) Narakas, en 1988,^{49,51} sugiere el empleo del nervio hipogloso (XII par craneal) como transferencia nerviosa al plexo, especialmente al nervio músculo cutáneo. Aparte de la serie de Slooff⁶⁴ en parálisis braquial obstétrica, la mayor serie publicada es la de Malesy y cols.,⁴⁰ de 12 pacientes. Sólo dos consiguieron una flexión activa +/-3. Nosotros nunca hemos empleado esta técnica.

c) Gu Yu Dong³¹ describe una técnica de neurotización contralateral empleando la raíz C7 del lado sano a través de un injerto transtorácico. Los nervios receptores son el nervio músculo cutáneo, el nervio mediano o ambos. Hemos empleado esta técnica con las siguientes variantes:

- Tomar sólo el fascículo posterior de C7.
- Dos injertos libres transtorácicos de nervio sural.
 - En un segundo tiempo (8 a 10 meses), realizar la coaptación con el nervio músculo cutáneo y la raíz externa del mediano. En ambos casos, se ha conseguido una flexión de codo de M3+ y una sensibilidad de la zona del nervio mediano.
- d) Se han descrito numerosas transferencias o neurotizaciones empleando:
 - El nervio frénico homolateral (Gu).³⁰
 - El asa superior o inferior del pectoral mayor contra-lateral (Gilbert).²⁸
 - Los nervios motores del pectoral menor. Excelente como neurotizador del nervio circunflejo.
 - El nervio motor del subescapular al nervio circunflejo (objeto de una comunicación reciente de Borrero).¹⁵
 - El plexo cervical homolateral (Brunelli).¹⁷

Sin embargo, la que mejores resultados nos ha dado es, sin duda, la transferencia de fascículos del nervio cubital a la rama motora del músculo bíceps (Oberlin).⁵⁴ Para nosotros, es la intervención de elección en las avulsiones altas C5-C6 +/- C7 con conservación funcional de C8 y D1.

El nervio cubital es abordado e identificado en el tercio medio del brazo. Se incide el epineuro y se reconocen, mediante un estimulador de baja intensidad, los fascículos motores que inervan la musculatura intrínseca.

Se hallan generalmente en la parte anterior y externa del nervio cubital. Previamente, hemos abordado e identificado la rama motora del músculo bíceps. Única en el 90% de los casos. Se halla entre 8 y 14 cm distal al borde

inferior del pectoral mayor. Neurorrafia directa preferentemente por debajo del *caput brevis* del bíceps, en otras ocasiones por encima del músculo.

En raros casos, que además de la avulsión de raíces altas concurre una lesión directa del nervio cubital, hemos empleado fascículos motores del nervio mediano.

Presentamos una serie de 21 pacientes con una camptanesis superior a los 2 años:

19 conexiones a fascículos del nervio cubital
2 conexiones a fascículos del nervio mediano

	Bueno	Útil	Malo
Avulsión C5 y C6	3	2	
Avulsión C5-C6 y C7	5	8	3

Valorados según la tabla de puntos

Grados de flexión activa	}	<60°: 0
		60-90°: 1
		90°: 2
		>90°: 3
		>120°: 4

Fuerza: M0-M2: 0

M3-M3+ (+/- 2 kg): 2

M4 o + (3 kg o +): 4

Resultado

0 a 3: Malo

4 a 6: Útil

7 a 8: Bueno

Esquema de indicaciones quirúrgicas

Ante una parálisis de plexo que no revierte hay que tomar una decisión quirúrgica entre las 6 y 12 semanas.

Las lesiones infraclaviculares o supraclaviculares pos-ganglionares han de considerarse como reparaciones de cirugía nerviosa periférica en un nivel proximal. Siempre tenemos cabos proximales y los problemas dependerán de la longitud de la pérdida de sustancia y del estado cicatrizal del lecho.

En cuatro ocasiones hemos observado el arranqueamiento o avulsión distal (intramuscular) del nervio musculocutáneo.

En todos ellos hemos realizado la neurotización muscular directa (de Brunelli),¹⁸ separando los fascículos del injerto sural, colocándolos debajo del perimio muscular y sellándolos con adhesivo de fibrina. En dos ocasiones se consiguió en resultado M3+. En dos casos de avulsión distal del nervio circunflejo y con la misma técnica, no hemos obtenido buenos resultados. En dos casos de avulsión distal del nervio supraespinoso se ha conseguido una función de estabilización útil, por re-inervación del músculo supraespinoso.

Lesiones radiculares supraclaviculares

Hay que considerar dos problemas capitales:

1. El reconocimiento de la validez axonal del cabo proximal que será muy diferente en los casos de rotura con un obvio neuroma bien "habitado" por fascículos visiblemente correctos, que en los casos de cabo proximal delgado, átono, que es el aspecto de una dislaceración longitudinal de mucho peor pronóstico. Diversos autores preconizan la indicación de identificación mediante exámenes histopatológicos o de la fibrosis intrafascicular o interfascicular.²⁹ El examen más demostrativo es el reconocimiento intraoperatorio de células ganglionares del ganglio sensitivo que demuestran la avulsión radicular.

2. Los elementos nerviosos distales a reparar a los que nos hemos referido anteriormente como objetivos funcionales.

Es preferible que los injertos (aun necesitando mayor longitud) se coloquen distalmente, lo más cerca posible del objetivo motor. Al colocarlos más proximalmente se corre el peligro de dispersión de los axones.

Es preferible reinervar lo más completamente posible un grupo muscular prioritario que una reinervación escasa de muchos grupos musculares.

Tipos de lesiones más frecuentes y esquema de reparación:

Lesiones parciales

Posganglionares C5-C6; C7-C8 y D1 intactas.

- Nervio espinal al nervio supraescapular

- Reparación directa con injertos C5 y C6

Preganglionar C5 y C6; intactas C7-C8 y D1

- Nervio espinal al nervio supraescapular

- Nervios motores del pectoral menor al nervio circunflejo (o nervio subescapular inferior al nervio circunflejo)
- Operación de Oberlin (cubital a nervio motor del bíceps)

Preganglionar C5-C6 y C7; intactas C8 y D1.

- Nervio espinal al nervio supraescapular

- Operación de Oberlin

- Cirugía paliativa precoz para la extensión de muñeca y dedos

- (Intercostales III y IV al nervio toracodorsal, motor del músculo dorsal ancho). Recomendado por Birch.¹¹

Parálisis de Klumpke (C8-D1)

Son poco frecuentes (8%). Provocan una pérdida funcional motora y sensitiva equivalente a una parálisis alta de mediano y cubital en la que sólo se hallan indemnes el pronador redondo, supinador largo, palmar mayor (si C7 está intacta). La reparación nerviosa, incluso si es posible en los casos posganglionares, no permite obtener en el adulto una recuperación funcional de la musculatura intrínseca. Pero creemos que debe intentarse para esperar una reinervación del cubital anterior, además de una sensibilidad de protección en la mano.

La cirugía paliativa debe indicarse precozmente y se basa en la artrodesis trapeciometacarpiana asociada a tenodesis y transposiciones tendinosas que logran una pinza "automática" parcialmente funcional de una manera parecida a la mano tetrapléjica.⁷¹

Accioli¹ propone la neurotización selectiva de la rama epitroclear del nervio mediano mediante el ramo motor del músculo braquial anterior (ramo del nervio musculocutáneo). De esta manera, se conseguiría una reinervación de los músculos epitroclears (palmares y flexores de los dedos).

Lesiones totales

En caso de tres raíces posganglionares:

- Nervio espinal al supraescapular

- Injertos al TSAE, TSP y TSAI

En caso de dos raíces posganglionares:

- Nervio espinal al nervio supraescapular

- Injertos al TSAE y TSP

En caso de C5 posganglionar y avulsión de C6-C7-C8 y D1.

Si C5 tiene buen calibre y aspecto:

- Nervio espinal al nervio supraescapular

- Injertos a la rama anterior del TSAE (proximal al asa de los pectorales)

Guardaremos los intercostales para un eventual injerto muscular vascularizado. Si C5 es átona o dudosa:

- Nervio espinal al nervio supraescapular

- Injertos desde C5 al TSP

- Intercostales III, IV y V al nervio musculocutáneo

Si es posible el nervio intercostal II al asa del pectoral mayor.

En caso de avulsión de las cinco raíces:

- Nervio espinal al nervio supraescapular

- III, IV y V intercostales al nervio musculocutáneo

- II intercostal al asa del pectoral mayor

Si el nervio espinal o los intercostales NO están disponibles:

- Ligamentoplastia de suspensión pasiva del húmero y transferencia del elemento nervioso utilizable al nervio musculocutáneo.

Si ni el nervio espinal ni intercostales están disponibles:

- Ligamentoplastia de suspensión pasiva (con el ligamento coracoacromial) y

- Neurotización contralateral (asa del pectoral mayor o ramo posterior de C7) al nervio musculocutáneo

Mostramos los resultados resumidos de una serie homogénea de 126 casos con una catamnesis superior a los 6

años después de la reparación nerviosa. Hentz y Narakas publican los resultados en la cirugía del plexo braquial 1988.³³

Plexo supraclavicular

Lesión total (C5, C6, C7, C8 y DI) (60 casos)

RESULTADOS	BUENO	ÚTIL	NULO
2 raíces injertadas (28)		12	16
3 raíces injertadas (20)	8	4	8
4 raíces injertadas (4)		4	
5 raíces injertadas (8)	6	2	

Plexo supraclavicular

Lesiones parciales (C5, C6, C7) (32 casos)

RESULTADOS	BUENO	ÚTIL	NULO
1 raíz injertada (4)		2	2
2 raíces injertadas (24)	8	12	4
3 raíces injertadas (4)	4		

Plexo infraclavicular

En atención a la función de las ramas terminales afectadas, el porcentaje de recuperación útil ha sido:

Musculocutáneo	80%
Mediano	25%
Circunflejo	65%
Radial	10%
Cubital	5%

De todo ello se deduce que:

a) Un 60% de los pacientes se benefician de la intervención.

b) Los músculos que mejor se recuperan son aquellos con mayor potencial axónico.

En nuestra serie:

1. Hombro

RECUPERACIÓN

Abductores (pectoral mayor)	85%
Rotadores internos	80%
Abductores (deltoides, supraespinoso)	25%
Rotadores externos	10%

2. Codo

RESULTADOS

Flexores	80%
Extensores	35%
Pronadores	30%
Supinadores	20%

3. Mano

RESULTADOS

Flexores carpianos	30%
Extensores carpianos	15%
Flexores dedos	25%
Extensores dedos Intrínsecos	10%

Por su especial significación presentamos aparte los resultados en los casos de 4 ó 5 avulsiones:

A) C5 posganglionar. Resto preganglionar (n = 31)

Flexión codo	M3o +	16
	M2o-	15

Subluxación de hombro:

Mejorada	20*
No mejorada	11
Sensibilidad protectora parte radial de la mano	10

Dolor:

Mejoría o desaparición	24
Sin cambios	7

B) Avulsión de las 5 raíces (n = 28)

Flexión codo	M3o +	15
	M2o-	13

Subluxación de hombro:

Mejorada	18
No mejorada	10

Dolor:

Mejoría o desaparición	19
Sin cambios	9

Dolor neuropático

Es un acompañante terrible y bien conocido de las lesiones del plexo. Cuanto más precoz es, más intenso y difícil de tratar. Se halla en relación con el tipo y la extensión de la lesión, especialmente en las avulsiones. Presenta dos características: un dolor constante generalmente en la mano, que el paciente refiere como una compresión o quemazón y un dolor intensísimo "como relámpagos de dolor" en toda la extremidad. Este último dura segundos y es excepcionalmente intenso. El dolor aumenta con el frío y el grado de depresión o estrés del paciente. Pocas veces ocurre durante el sueño. Según Bonney¹⁴ se debe a la lesión y posterior gliosis en el nivel de la sustancia gelatinosa. Esto origina descargas por desaferenciación en las capas 1 y 5 del cuerno posterior de la médula. Rinaldi⁶² ha constatado hipe-

*En 6 ocasiones nervio supraescapular activo en preoperatorio.

ractividad eléctrica en el tálamo interno en pacientes con dolor crónico. Según la teoría de Melzack y Wall⁴² (teoría de la compuerta, *gate theory*) la falta de impulsos periféricos (desafereciación) entre otros fenómenos provoca la desinhibición de las neuronas de la sustancia gelatinosa encargadas de regular el paso de los estímulos algícos al tálamo. Sería la explicación de la mejoría del dolor en muchos pacientes en coincidencia con una recuperación sensitiva y muscular.⁹

A pesar de que no podemos explicarlo completamente, el hecho es que la reparación quirúrgica que consigue nuevas conexiones en el plexo alivia el dolor. Posiblemente el efecto central de las fibras aferentes de la neurotización pueda inhibir el dolor. Por lo tanto, el primer tratamiento quirúrgico en caso de dolor neuropático por desafereciación en el plexo braquial será la conexión directa o la neurotización de nervios a ser posible en un nivel medular superior a la avulsión. Reinervar la extremidad es para Narakas el tratamiento prioritario.⁵² Define mejoría significativa del dolor a los tres años en el 90% de los casos posganglionares y en el 83% en casos con avulsiones.

En los casos de persistencia del dolor de tipo causálgico (10%) hay dos alternativas:

1. El estimulador paramedular multicanal colocado en raquis cervical, con el que Bennet y Tai⁶ consiguen resultados buenos y persistentes en 5 casos. Posiblemente la estimulación paramedular estimula la producción natural de endorfinas.

2. La rizotomía posterior selectiva en el nivel de la zona de entrada de las raicillas dorsales (DREZ).^{53,63} Consiste en la destrucción microquirúrgica por coagulación de la zona del cuerno posterior y de las neuronas hiperactivas responsables del dolor por desafereciación.

Thomas y Kitchen obtienen buenos resultados persistentes en 35 pacientes en una serie 44.

Las indicaciones del DREZ son muy estrictas, ya que la intervención puede provocar complicaciones neurológicas graves.

Comentarios

No cabe duda que los progresos en la anestesia y las técnicas microquirúrgicas modernas junto a los conocimientos fisopatológicos han representado un gran avance en el tratamiento y resultado de estos pacientes.

Reparación directa cuando hay cabos proximales válidos y neurotizaciones en casos de avulsión forman parte fundamental del armamento quirúrgico con el que podemos ofrecer ciertos resultados funcionales a los pacientes.

Actualmente es imposible disociar la cirugía nerviosa y las posibilidades de cirugía paliativa. Preferentemente, mediante transposiciones tendinosas en el caso de la flexión del codo o combinación de transposiciones tendinosas asociadas a osteotomía derrotativa del húmero en el hombro. Se puede afirmar que una función aceptable puede conseguirse mediante la estrategia quirúrgica en codo y en menor grado en hombro.

El gran problema es la reinervación funcional de la muñeca y mano en las lesiones totales y especialmente en las avulsiones. En estos casos, las neurotizaciones con intercostales a cubital o mediano ofrecen resultados malos debido a la gran dispersión y pérdida de axones en muchos músculos sin que se logre una función correcta.

Debemos mencionar el enfoque de autores asiáticos (Doi)²³ que preconizan como reparación primaria el empleo de injertos musculares vascularizados (*gracilis*), conectado a nervios intercostales para la flexión de los dedos.

Brunelli, en dos casos de avulsión total, presentó, en el Symposium del Club Narakas 1999, la transferencia completa del nervio cubital contralateral para motorizar la extremidad paralizada. Neurorrafia terminolateral, últimamente ha aumentado el interés por esta antigua técnica.^{5,26} La idea de neurotización sin sacrificar el nervio donante es seductora. Los modernos métodos microquirúrgicos han permitido, desde Viterbo,⁶⁹ actualizar la técnica experimental y clínicamente. Actualmente está aceptado que el "sprouting" axonal colateral a partir de axones intactos requieren que las células de Schwann del receptor entren en contacto con las membranas conjuntivas del nervio dador.⁴¹ En el plexo braquial se ha empleado la neurorrafia terminolateral entre nervios de escaso calibre y motores puros (nervio romboides al nervio torácico largo, nervio frénico al nervio torácico largo). Seguimos con interés las experiencias de Franciosi (no publicadas) en neurorrafia terminolateral entre cubital y musculocutáneo, ya que se tratan de nervios mixtos.

La primera descripción publicada de reimplante en la médula de raíces avulsionadas se debe a Bonney, en 1977.¹⁴ Dejó claro dos tipos de lesión: la verdadera avulsión en la que las raicillas se arrancan de la zona transicional de la médula acompañadas en ocasiones de segmentos o células del cuerno anterior de la médula. Son los casos más graves, y la rotura de las raicillas en el nivel más distal son más frecuentes. Dejan unos restos en el nivel de la zona de transición con posibilidad de reparación quirúrgica por laminectomía. Jamieson y Birch⁹ conectaron en 1977 las raíces anteriores en situación intradural de C7 y C8 con injertos nerviosos intercalares. La observación microscópica de la médula confirmó los restos "utilizables" de las raíces anteriores. Carlstedt y cols.¹⁹ demostraron una recuperación funcional tras el reimplante de raíces anteriores primero en ratas y luego en primates. En 1995 publica los resultados de cinco casos en 9 reimplantes humanos. Emplea una vía posterior dorsal, sólo repara las raicillas anteriores y siempre por intermedio de injertos. Uno a tres por raíz y emplea adhesivo de fibrina para estabilizar.

En nuestra opinión, estos avances tecnológicos para estos pacientes son pasos decisivos para mejorar el grave pronóstico funcional que conllevan las lesiones del plexo braquial.

Aquí se aplica mejor el adagio de Bunnell: "para el que no tiene nada, algo es mucho".

Los autores recomiendan para todos los interesados en las lesiones del plexo braquial, los siguientes libros:

1. *Surgical Disorders of the Peripheral Nerves*. **Birch, R; Bonney, G; Wynn, CB, y Parry,** eds. Edimburgo: Churchill Livingstone; 1998.
2. *Les Paralysies du Plexus Brachial*. 2^a ed. **Alnot, JY, y Narakas, A,** eds. París: Monographic de la Societe Francaise de Chirurgie de la Main. Expansion Scientifique Francaise; 1995. Este libro está editado en - francés e inglés.
3. *Brachial Plexus Lesions. Drawings of Explorations and Reconstructions by Algimantas Narakas*. **Bonnard, C, y Slooff, ACJ,** eds. Berlin: Springer-Verlag; 1999. En este extraordinario libro editado *in memoriam* del profesor Narakas se hallan relatados y dibujados 60 casos clínicos de toda la patología del plexo braquial.

Referencias Bibliográficas

1. **Accioli, ZA:** *Contribution a l'etude des neuritisations intra-extraplexuelles du plexus bracial et de ses branches terminales*. París: These, Universite Rene Descartes, 132-134, 1999.
2. **Allieu, Y; Clauzel, AM; Mekhalidi, A; y Triki, F:** Consequences of brachial plexus palsies in adults and of their treatment on the respiratory function. En: **Brunelli, G,** ed.: *Textbook of microsurgery*. Masson, 820-831, 1988.
3. **Allieu, Y:** Les neurtisations par le nerve spinal dans les avulsions du plexus brachial de l'adulte. En: **Alnot, JY; Narakas, A;** eds. *Les paralysies du plexus brachiale*. Monographies du G.E.M. Paris: Expansion Cientifique Francaise, 173-179, 1989.
4. **Alnot, JY; Narakas, A;** eds.: *Traumatic Brachial Plexus Injuries*. Paris: Expansion Scientifique Francaise, 1996.
5. **Ballance, CA; Ballance, HA; Stewart, P:** Remarks on the operate treatment of chronic facial palsy of peripheral origin. *Br Med* 2: 1009-1018, 1903.
6. **Bennet, MI; Tai, Y:** Cervical dorsal column stimulation relieves pain of brachial plexus avulsions. *Journal of the Royal Society of Medicine* 87: 5-7, 1994.
7. **Birch, R:** Management of brachial plexus injuries. En: **Greenwood, R; Barnes, MP; McMillan, TM y Ward, CD,** eds. *Peripheral neuropathy*. Londres: WB Saunders, 1627-1628, 1993b.
8. **Birch, R:** Brachial plexus injuries. *J Bone Jt Surg (B)* 78: 986-992, 1996.
9. **Birch, R; Bonney, G; y Wyn Parry, CB,** eds.: *Surgical Disorders of the peripheral nerves*. Edimburgo: Churchill Livingstone, 373-404, 1998.
10. **Birch, R; Bonney, G; y Wyn Parry, CB,** eds.: *Surgical Disorders of the peripheral nerves*. Edimburgo: Churchill Livingstone, 415-451, 1998.
11. **Birch, R:** Traumatic lesions of the brachial plexus. En: **Birch, R; Bonney, G; y Wyn Parry, CB;** eds.: *Surgical Disorders of the peripheral nerves*. Edimburgo: Churchill Livingstone, 157-207, 1998.
12. **Bonnard, C; Narakas, A:** Neurotization using the spinal accessory nerve in the brachial plexus lesions. En: **Alnot, JY; Narakas, A;** eds. *Traumatic Brachial Plexus Injuries*. Monographie de la Societe Francaise de Chirurgie de la Main.
13. **Bonnel, F:** Anatomic du plexus brachial. En: **Alnot, JY; Narakas, A;** eds. *Monographies du GEM. Les Paralysies du Plexus Braquial*, Expansion Scientifique Francaise, 3-13, 1989.
14. **Bonney, G; Jamieson, A:** Reimplantation of C7 on C8. *International Microsurgery* 1: 103-106, 1979.
15. **Borrero, JL:** Return of deltoid function after neurotization of the axillary nerve with the subscapular nerve. *Monografía del II Curso de Cirugía del Plexo Braquial y Nervios Periféricos*, Barcelona: Ed. Cátedra de COT. Universidad Autónoma de Barcelona; 166-176, 1999.
16. **Brunelli, GA; Brunelli, GR:** A fourth type of brachial. Plexus: the intermediate C7 palsy. *Journal of Hand Surgery* 16: 492-494, 1991.
17. **Brunelli, G:** Neurtization of avulsed roots of the brachial plexus by means of anterior nerves of the cervical plexus. *International Journal of Microsurgery*. 2: 55-58, 1980.
18. **Brunelli, G; Monini, L:** Direct muscular neurotisation. *Journal of Hand Surgery* 10A: 993-994, 1985.
19. **Carlstedt, T; Grane, P; Mallín, RG,** y cols.: Return of function after spinal cord implantation of avulsed spinal nerve roots. *Lancet* 346: 1323-1325, 1995
20. **Carlstedt, T; Hallin, RG; Hedstróm, KG** y cols.: Functional recovery in primates with brachial plexus injury after spinal cord implantation of avulsed ventral roots. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry* 56: 649-654, 1993.
21. **Carvalho, GA; Nikkhah, G; Mathies, C;** y cols.: Diagnosis of root avulsions in traumatic brachial plexus injuries. *J Neurosurg* 86: 69-76, 1997.
22. **Cobby, MJ; Leslie, IJ; Watt, I:** Cervical mielography of nerve root avulsion injuries using water soluble contrast media. *Br J Radial* 61: 673-678, 1988.
23. **Doi, K:** *Comunicación al XII Simposium of Brachial Plexus Surgery*. Viena, 1997.
24. **Egloff, D; Narakas, A; Bonnard, C:** Results of nerve grafts with tissucol anastomosis. En: **Schlag, G; Redi, H;** eds. *Fibrin sealant in operative medicine*. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, vol. 2, 181-185, 1986.
25. **Fernández, LL:** Compresión del tronco inferior del plexo braquial por el escaleno medio. *Bol. y Trab. Soc. Arg. Cirug. Ortop. Traumat.* 20:156-65:1955.
26. **Gatta, R:** Sulle anastomosi latero-terminali dei tronchi nervosi. *Arch Ital Chir* 48: 155-168, 1938.
27. **Gilbert, A:** Vascularized sural nerve graft. En: **Terzis, JK;** ed. *Microreconstruction of nerve injuries*. Philadelphia: W B Saunders, 117-126, 1987.
28. **Gilbert, A; Razaboni, R; Amar-Khodja, S:** Indications and results of brachial plexus surgery in obstetrical palsy. *Orthopedic Clinic of North America* 19(1): 91-105, 1988.
29. **Gruber, H; Freilinger, G; Hollé, J; Mandl, H:** Identification of motor and sensory funiculi in cut nerves and their selective reunion. *British Journal of Plastic Surgery* 29, 1976.
30. **Gu, YD; Wu, MM; Zhen, YL;** y cols.: Phrenic nerve transfer for brachial plexus motor neurotization. *Microsurgery* 10 (4):287-289, 1989.
31. **Gu, YD; Zhang, GM; Chen, DS** y cols.: Seventh cervical nerve root transfer from the contralateral healthy side for treatment of brachial plexus root avulsion. *J Hand Surg* 17B(5): 518-521, 1992.
32. **Harris, W; Low, W:** On the importance of accurate muscular analysis in lesions of the brachial plexus and the treatment of Erb's palsy by cross-union of nerve roots. *Br. Med. J.* 2: 1035-1038, 1903.
33. **Hentz, V; Narakas, AO:** The results of microneurosurgical reconstruction of complete brachial plexus palsy. *Orthopedic Clinics of North*

- America 19: 107-114, 1988.
34. **Kline, DG:** Civilian gun shot wounds to the brachial plexus. *Journal of Neurosurgery* 70: 166-174, 1989.
 35. **Kondo, M; Matsuda, H; Miyawaki, Y;** y cols: A new method of electrodiagnosis during operations on the brachial plexus and peripheral nerve injuries. *Int Orthop* 9: 115-126, 1985.
 36. **Kotani, PT; Matsuda, H; Susuki, T:** Trial surgical procedures of nerve transfers to avulsion injuries of the plexus brachialis. *Excerpta Medica International Congress Series*, No 291, 1973.
 37. **Lundborg, G; Rosen, B; Dahlin, L;** y cols.: Tubular versus conventional repair of median and ulnar nerves in the human forearm: early results from a prospective, randomized, clinical study. *J Hand Surg (Am)*;22(1): 99-106,1997.
 38. **Lundborg, G:** Nerve regeneration. En: *Nerve injury and repair*. Edimburgo: Churchill Livingstone, 149-195,1988.
 39. **Mackinnon, S; Dellon, AL:** Clinical Nerve regeneration with a biabsorbable polyglycolic acid tube. *Plast Reconstruct Surg* 85: 419-424, 1990.
 40. **Malessy, M; Hoffmann, C; Thomeer, R:** First report on hypoglossal nerve transfer to treat brachial plexus root avulsions. En: **Malessy, M;** ed. *Brachial Plexus Surgery* 79-86, 1999.
 41. **Matsumoto, M; Hirata, H; Nishigoma, M;** y cols.: Schwann cells on induce collateral sprouting from intractaxons. *Reconst Microsurgery* 15: 281-286, 1999.
 42. **Melzack, R; Wall, PD:** Pain mechanisms A new theory. *Science* 150: 971-979, 1965.
 43. **Merle, M; Duprez, K; Delandre, D;** y cols.: La neurolyse microchirurgicale des plexites brachiales postradiothérapiques. *Chirurgie* 114: 421-423, 1988.
 44. **Millesi, H:** Surgical management of brachial plexus injuries. *Journal of Hand Surgery* 2: 367-379, 1977.
 45. **Millesi, H:** Brachial plexus in adults: operative repair. En: **Gelberman, RH;** ed. *Operative nerve repair and reconstruction*. Filadelfia: JB Lippincott, 1285-1320, 1991
 46. **Murphey, F; Hartung, W; Kirklin, JW:** Myelographic demonstration of avulsion injuries of the brachial plexus. *Am J Radial* 58. 102-105, 1947.
 47. **Nagano, A; Tsuyama, N; Ochiai, N;** y cols.: Direct nerve crossing with the intercostal nerve to treat avulsion injuries of the brachial plexus. *Journal of Hand Surgery* 14A: 980-985, 1989.
 48. **Narakas, AO:** Brachial plexus surgery. *Orthopaedic Clinics of North America* 12: 303-322, 1981a.
 49. **Narakas, AO:** Thoughts on neurotization of nerve transfers in irreparable nerve lesions. En: **Terzis, JK;** ed. *Microreconstruction of nerve injuries*. Filadelfia: W B Saunders, 447-454, 1987b.
 50. **Narakas, A:** Plexo braquial: terapéutica quirúrgica directa. En: *Cirugía de los nervios periféricos. Rev Ortop Traum* 16 IB(4), 855-920, 1972.
 51. **Narakas, A:** Neurotization of nerve transfer in traumatic brachial plexus lesions. En: **Tubiana, R;** ed. *The Hand*, vol 3, Filadelfia: WB Saunders, 653-683, 1988.
 52. **Narakas, A:** The effects on pain of reconstructive neurosurgery in 160 patients with traction and/or crush injury to the brachial plexus. En: **Siegfried, J; Zimmermann, M;** eds. *Phanton and stump paon*. Berlin: Springer, 126-147, 1981.
 53. **Nashold, BS:** Current status of the DREZ operations. *Neurosurgery* 15: 942-944, 1984.
 54. **Oberlin, C; Beal, D; Leechavengvongs, S;** y cols.: Nerve transfer to biceps muscle using a part of ulnar nerve for C5-C6 avulsions of the brachial plexus. *J Hand Surgery* 19A(2.): 232-237, 1994.
 55. **Palazzi Coll, S; Marti, VJ:** Plexo Braquial. Recuerdo anatómico, clínica y diagnóstico. *Rev Ortop y Traum* 16 IB(4): 837-854, 1972.
 56. **Palazzi Coll, S; Ayala Palacios, H:** Plexo Braquial. Patología Tratamiento. *Rev Ortop y Traum* 28 IB(5):545-68;1984.
 57. **Palazzi, S:** The use of fibrin sealant in nerve adhesions. En: **Schlag, G; Redi, H;** eds. *Fibrin sealant in operative medicine*. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, vol 2, 186-191, 1986.
 58. **Palazzi, S; Vila-Torres, J; Lorenzo, JC:** Fibrin glue is a sealant and not a nerve barrier. *Jour Reconstruct Microsurgery* 11: 135-139, 1995.
 59. **Restrepo, J:** Lesiones del Plexo Braquial por arma blanca. *Monografía del segundo curso de Cirugía del Plexo Braquial y nervios Periféricos*. Barcelona: Cátedra de COT. Univ. Autónoma Barcelona, 1999.
 60. **Rinaldi, PC; Young, RF; Albe-Fessard, D;** y cols.: Spontaneous neuronal hiperactivity in the medial intralaminar thalamic nuclei of patients with deafferentation pain. *Journal of Neurosurgery* 74: 415-421, 1991.
 61. **Robotti, E; Longhi, P; Yerna, G; y Bocchiotti, G:** Brachial Plexus Surgery. An Historical perspective. *Hand Clinics* 11: 517-533, 1995.
 62. **Seddon, HJ:** Nerve grafting. *J Bone and Jt Surg (B)* 45: 447-461, 1963.
 63. **Sindou, M; Mertens, P:** Neurosurgical treatment of pain in the upper limb. En: **Tubiana, R;** ed. *The Hand*. Filadelfia: WB Saunders, vol 4: 858-870, 1993.
 64. **Slooff, ACJ:** Obstetric brachial plexus lesions and their neurosurgical treatment. *Clinical Neurology and Neurosurgery* 95(suppl.): 573-577, 1993.
 65. **Sunderland, S;** *Nerves and nerve Injuries*. Edimburgo: Churchill Livingstone, 62-69, 1978.
 66. **Taylor, IG; Ham, FJ:** The free vascularized nerve graft. *Plastic and Reconstructive Surgery* 57: 413-426, 1976.
 67. **Thomeer, RT; Malessy, MJ:** Brachial Plexus Traction Injuries. *Clin Neural Neurosurg* 95(suppl): 65-72, 1993.
 68. **Turkof, E; Millesi, H; Turkof, R** y cols.: Intraoperative Electroneurodiagnostic to evaluate the functional status of anterior spinal roots and spinal nerves during brachial plexus surgery. *Plastic and Reconstruct Surg* 99:1632-1641, 1997.
 69. **Viterbo, F; Trindade, JL; Hoshino, K;** et al. Latero-terminal neurography without removed of the epineural sheat. *Rev Pan/ Med (Brazil)*; 110:267-82, 1992.
 70. **Wynn Parry, CB; Frampton, W; Monteith, A:** Rehabilitation of patients following traction lesion of the brachial plexus. En: **Terzis, JK;** ed. *Microreconstruction of nerve injuries*. Filadelfia: WB Saunders, 483-495, 1987.
 71. **Zancolli, E:** *Structural and dynamic basis of hand surgery*. 2ª ed. Philadelphia: JB Lippincott, 1979.