

# Lesiones traumáticas del plexo braquial

Thomas J. Christensen, MD; Allen T. Bishop, MD; Robert J. Spinner, MD; Alexander Y. Shin, MD

## I. Anatomía del plexo braquial

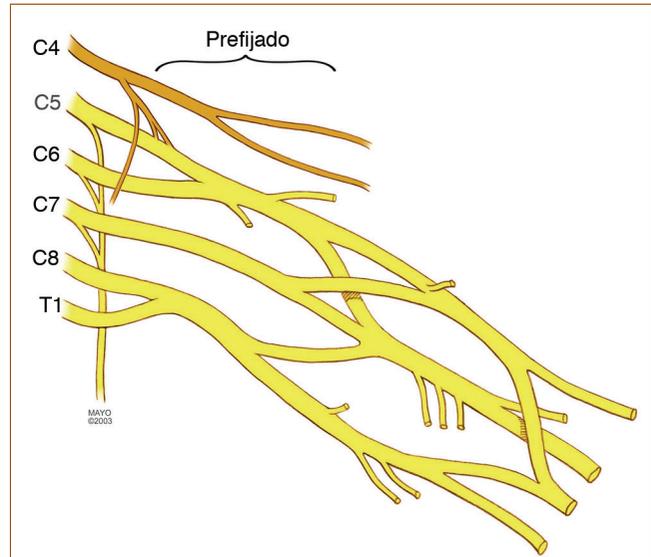
### A. Composición (Figura 1)

1. El plexo braquial es una disposición de fibras nerviosas formada por los ramos ventrales de las raíces nerviosas C5 a T1, con contribuciones ocasionales de los nervios raquídeos C4 (plexo braquial prefijado, Figura 1) y T2 (plexo braquial posfijado, Figura 2).
2. El plexo braquial está dividido en cinco secciones anatómicas (Figura 3): los nervios raquídeos; los troncos superior, medio e inferior; las divisiones retroclaviculares; los fascículos (cordones o haces) medial (interno), lateral (externo) y posterior, y las ramas terminales.

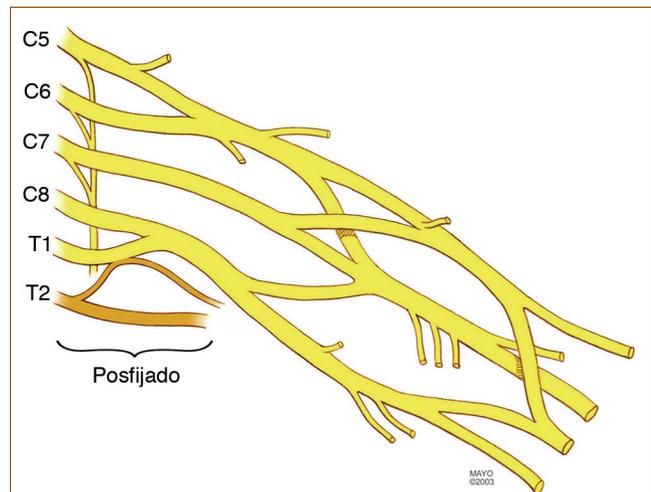
### B. Raíces nerviosas raquídeas

1. Las raíces nerviosas raquídeas están formadas por las ramas espinales que salen de la médula.
  - a. La raíz dorsal es la raíz aferente sensitiva. En el extremo distal de cada raíz dorsal hay una agrupación de somas neuronales llamada ganglio de la raíz dorsal, que transmite los impulsos de entrada sensitivos a la médula espinal (Figura 4).

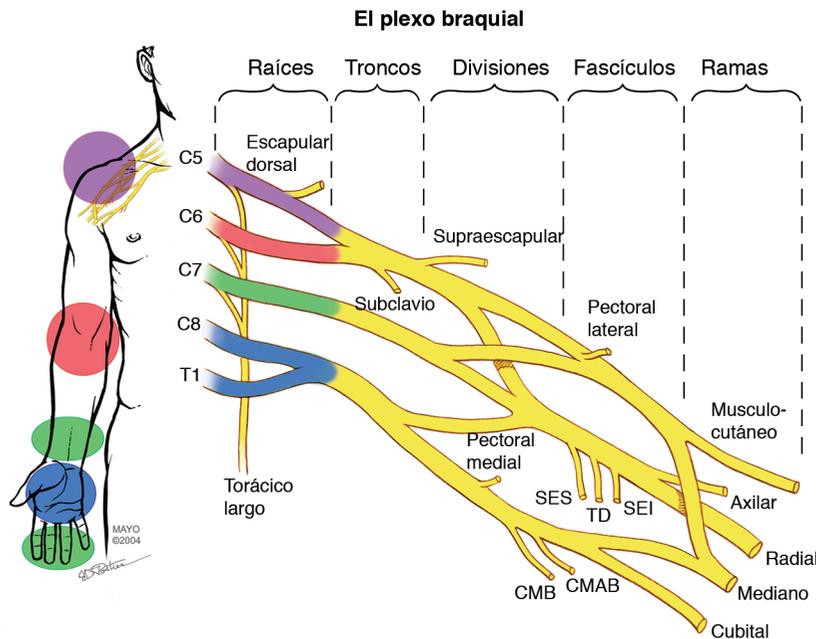
*El Dr. Bishop o alguno de sus familiares inmediatos han recibido regalías para investigación o institucionales de Synthes y han sido miembros del comité directivo, propietarios o asesores de la American Society for Reconstructive Microsurgery. El Dr. Spinner o alguno de sus familiares inmediatos han recibido regalías por consultoría o son empleados de Mayo Medical Ventures y han sido miembros del comité directivo, propietarios o asesores de la American Society for Peripheral Nerve. El Dr. Shin o alguno de sus familiares inmediatos han recibido ayudas para investigación o institucionales de la Musculoskeletal Transplant Foundation, Integra Life Sciences y la American Association for Hand Surgery; y han sido miembros del comité directivo, propietarios o asesores de la American Society for Surgery of the Hand. Ni el Dr. Christensen ni ninguno de sus familiares inmediatos han recibido regalías ni tienen acciones u opciones sobre acciones de ninguna compañía ni institución relacionadas directa o indirectamente con el tema de este capítulo.*



**Figura 1** Ilustración que representa la anatomía del plexo braquial prefijado con contribución de la raíz C4. (Reproducida con la debida autorización de la Mayo Foundation for Medical Education and Research, Rochester, Minnesota, Estados Unidos.)



**Figura 2** Ilustración que representa la anatomía del plexo braquial posfijado con contribución de la raíz T2. (Reproducida con la debida autorización de la Mayo Foundation for Medical Education and Research, Rochester, Minnesota, Estados Unidos.)



**Figura 3** Diagrama que representa la anatomía del plexo braquial. La localización de las lesiones del plexo braquial depende de la comprensión detallada de la anatomía del mismo. Este diagrama se utiliza en el momento de explorar al paciente. CMB: cutáneo medial del antebrazo; CMB: cutáneo medial del antebrazo; SEI: subescapular inferior; SES: subescapular superior; TD: toracodorsal. (Reproducida con la debida autorización de la Mayo Foundation for Medical Education and Research, Rochester, Minnesota, Estados Unidos.)

b. La raíz ventral (motora) se une a la raíz dorsal distalmente al ganglio de la raíz dorsal para formar el nervio raquídeo. Los somas neuronales de la raíz ventral están situados en la sustancia gris del asta anterior de la médula espinal.

## 2. Localización de las lesiones.

- Las lesiones proximales al ganglio de la raíz dorsal se llaman preganglionares o supraganglionares.
- Las lesiones distales al ganglio de la raíz dorsal se llaman posganglionares o infraganglionares.

## C. Aspectos anatómicos prácticos

- Los nervios terminales que salen al nivel de la raíz son clínicamente importantes, dado que señalan el nivel de la lesión.
  - Entre ellos están el nervio frénico (que sale entre C3 y C5), el nervio escapular dorsal para los músculos romboides (que sale de C5) y el nervio torácico largo para el músculo serrato mayor (que sale entre C5 y C7).
  - Si estos músculos funcionan y hay parálisis distal del brazo, la lesión del plexo braquial debe situarse distalmente a la salida de la correspondiente raíz nerviosa (es decir, posganglionar).

- La única rama terminal que se ramifica al nivel troncular es el nervio supraescapular (que inerva los músculos infraespinoso y supraespinoso), que sale del tronco superior en el punto de Erb.
- Al nivel de las divisiones del plexo no hay ramas terminales.

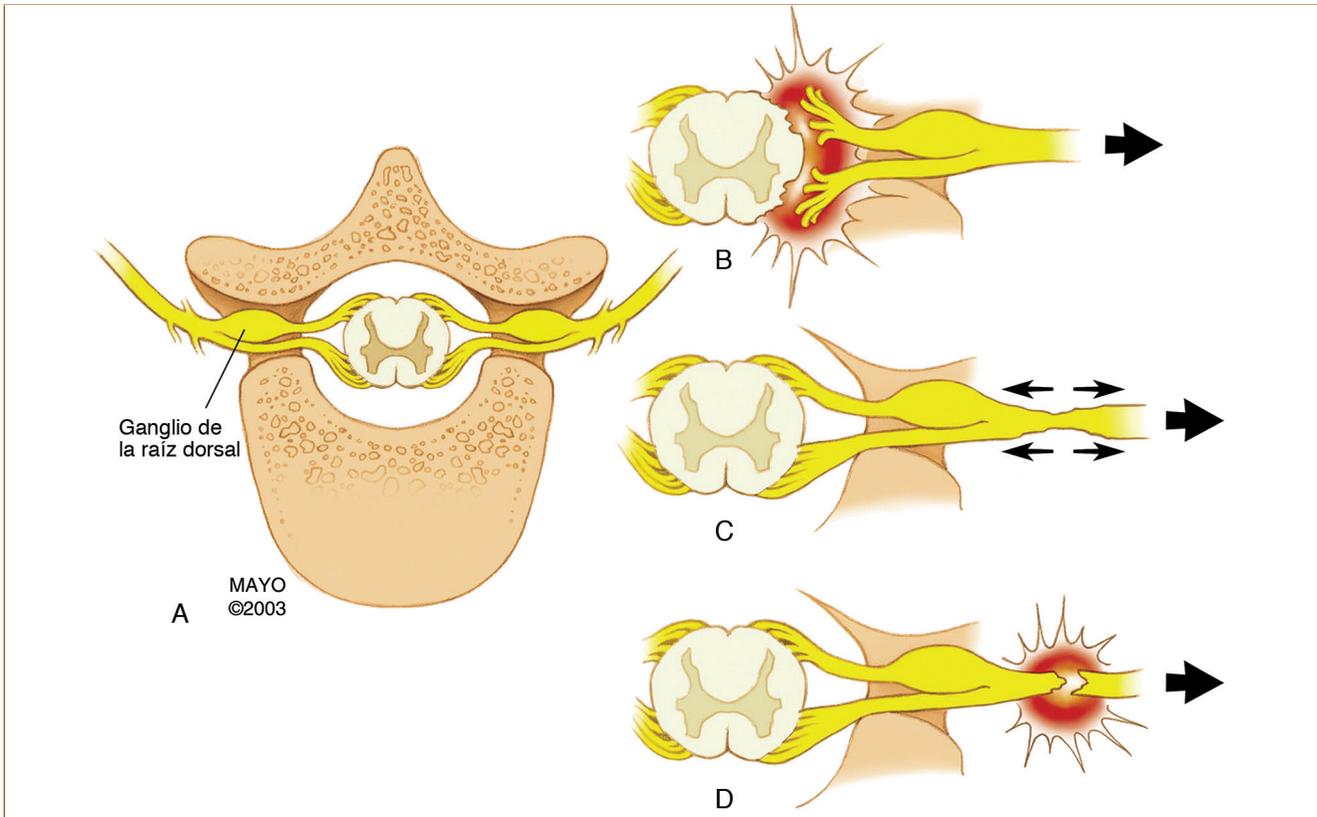
## II. Clasificación de las lesiones del plexo braquial

### A. Preganglionares o posganglionares

- Las lesiones del plexo braquial preganglionares suelen considerarse arrancamientos de las raíces y no son reparables, dado que las ramas nerviosas están completamente desarraigadas de la médula espinal.
- Las lesiones del plexo braquial posganglionares pueden repararse restableciendo la continuidad de los nervios, según el tipo y la localización de la lesión. Puede tratarse de magulladuras del plexo, pero más habitualmente son rupturas o lesiones por estiramiento de los nervios distalmente al ganglio de la raíz dorsal.

### B. Nivel de la lesión: Se han elaborado numerosos esquemas de clasificación de las lesiones del plexo braquial. El sistema más descriptivo las divide según el nivel anatómico de la lesión.

- Con frecuencia las lesiones se dan a más de un nivel, aparecen entre los dos puntos en los que está fijado el nervio, están contenidas por los tejidos circundantes o cambian de dirección.



**Figura 4** Ilustración que representa la anatomía de las raíces del plexo braquial (A) y los tipos más frecuentes de lesión: arrancamiento (B), estiramiento (C) y rotura (D). La tracción sobre el plexo braquial puede causar lesiones nerviosas de gravedad variable. En términos prácticos, las lesiones por arrancamiento (preganglionares) de las raíces nerviosas de la médula espinal no pueden repararse. En las lesiones por estiramiento (posganglionares), es posible cierto grado de recuperación espontánea. Las roturas extraforaminales de los nervios o troncos pueden repararse quirúrgicamente. (Reproducida con la debida autorización de la Mayo Foundation for Medical Education and Research, Rochester, Minnesota, Estados Unidos.)

- a. Descripción general: supraclaviculares, retroclaviculares o infraclaviculares.
- b. Las frecuencias respectivas de cada tipo de lesión se presentan en la **Tabla 1**.
2. Lesiones supraclaviculares.
  - a. Las lesiones en C5 y C6 o en el tronco superior (parálisis de Erb) suponen aproximadamente el 20%-25% de las lesiones traumáticas del plexo braquial.
  - b. Las lesiones en C8, en T1 o en el tronco inferior (parálisis de Klumpke) son muy raras y suponen aproximadamente el 0,6%-3,0% de las lesiones traumáticas del plexo braquial.
  - c. El patrón más frecuente de lesiones supraclaviculares es la afectación completa de todas las raíces, que supone el 75%-80% de las lesiones traumáticas del plexo braquial.

**Tabla 1**

**Frecuencia de las lesiones del plexo braquial según el nivel anatómico**

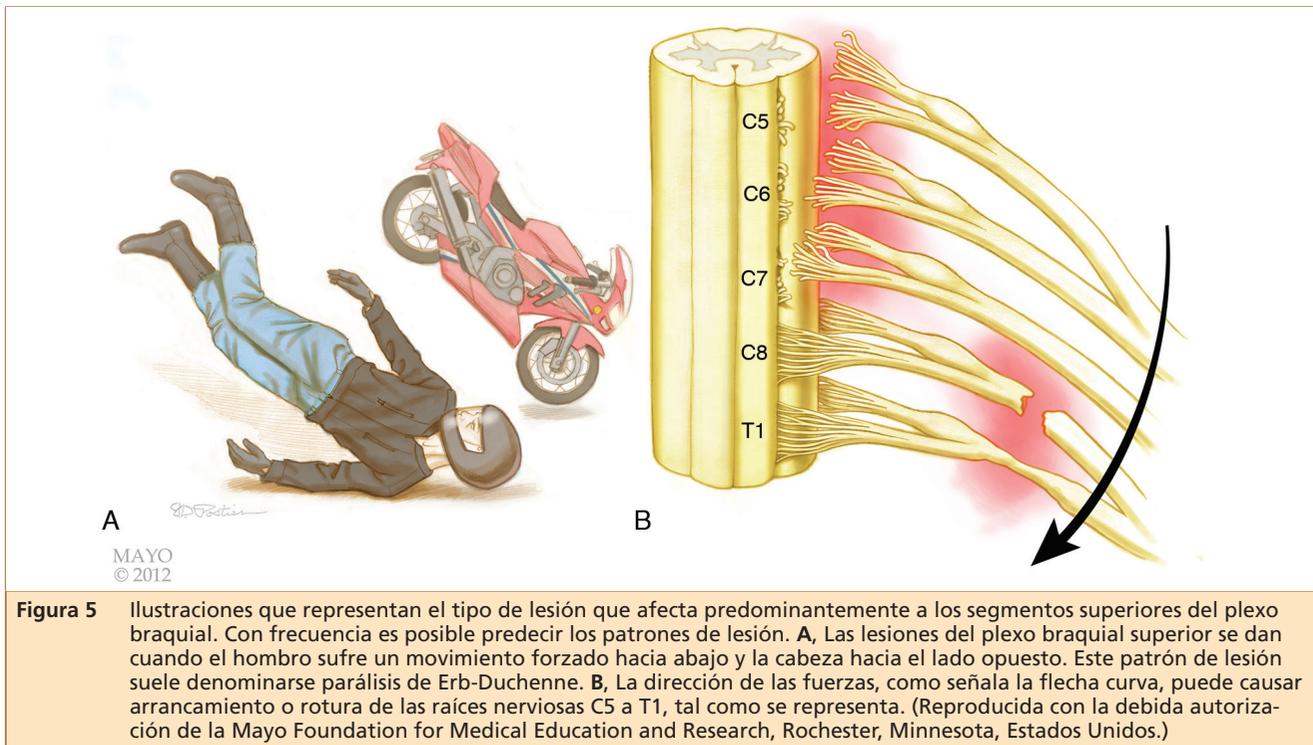
Localización de la lesión	Frecuencia (%)
Supraclavicular	62
Supraclavicular + distal	9
Retroclavicular	7
Retroclavicular + distal	1
Infraclavicular	20
Infraclavicular + distal	1

su gravedad y el plan de tratamiento. Las lesiones traumáticas se deben a mecanismos de alta energía. Se ha observado un claro aumento de las lesiones del plexo braquial en todo el mundo, que se achaca a la creciente popularidad de actividades deportivas con altas demandas y a la mayor supervivencia tras accidentes de tráfico.

- B. Los accidentes de tráfico son la causa principal de las lesiones del plexo braquial traumáticas a nivel mundial. Para recordar las etiologías y localizaciones de

### III. Mecanismos de lesión

- A. Indagar en los antecedentes del mecanismo causal de las lesiones del plexo braquial ayuda a determinar



**Figura 5** Ilustraciones que representan el tipo de lesión que afecta predominantemente a los segmentos superiores del plexo braquial. Con frecuencia es posible predecir los patrones de lesión. **A**, Las lesiones del plexo braquial superior se dan cuando el hombro sufre un movimiento forzado hacia abajo y la cabeza hacia el lado opuesto. Este patrón de lesión suele denominarse parálisis de Erb-Duchenne. **B**, La dirección de las fuerzas, como señala la flecha curva, puede causar arrancamiento o rotura de las raíces nerviosas C5 a T1, tal como se representa. (Reproducida con la debida autorización de la Mayo Foundation for Medical Education and Research, Rochester, Minnesota, Estados Unidos.)

las lesiones puede ser útil la regla mnemotécnica de “los siete setentas”.

1. El 70% de las lesiones del plexo braquial se deben a accidentes de tráfico.
2. En el 70% de estos accidentes están involucradas bicicletas o motocicletas.
3. El 70% de los pacientes presentan lesiones múltiples.
4. En el 70% de los casos la lesión del plexo braquial es supraclavicular.
5. Al menos el 70% de los pacientes con lesión supraclavicular tienen arrancamiento por lo menos de una raíz nerviosa.
6. El 70% de estas lesiones afectan a una raíz inferior (C7, C8, T1).
7. En el 70% de estos pacientes queda como secuela dolor crónico.

#### C. Dirección de las fuerzas sobre el hombro

1. Los traumatismos que fuerzan el hombro en dirección caudal (p. ej., una caída sobre el hombro) dan lugar a lesiones que afectan predominantemente a las raíces superiores del plexo braquial, aunque, si la energía del traumatismo es lo suficientemente alta, pueden afectarse todas las raíces del plexo (Figura 5).
2. Los traumatismos que fuerzan el hombro en abducción (p. ej., frenar una caída teniendo el brazo separado) pueden lesionar los elementos inferior

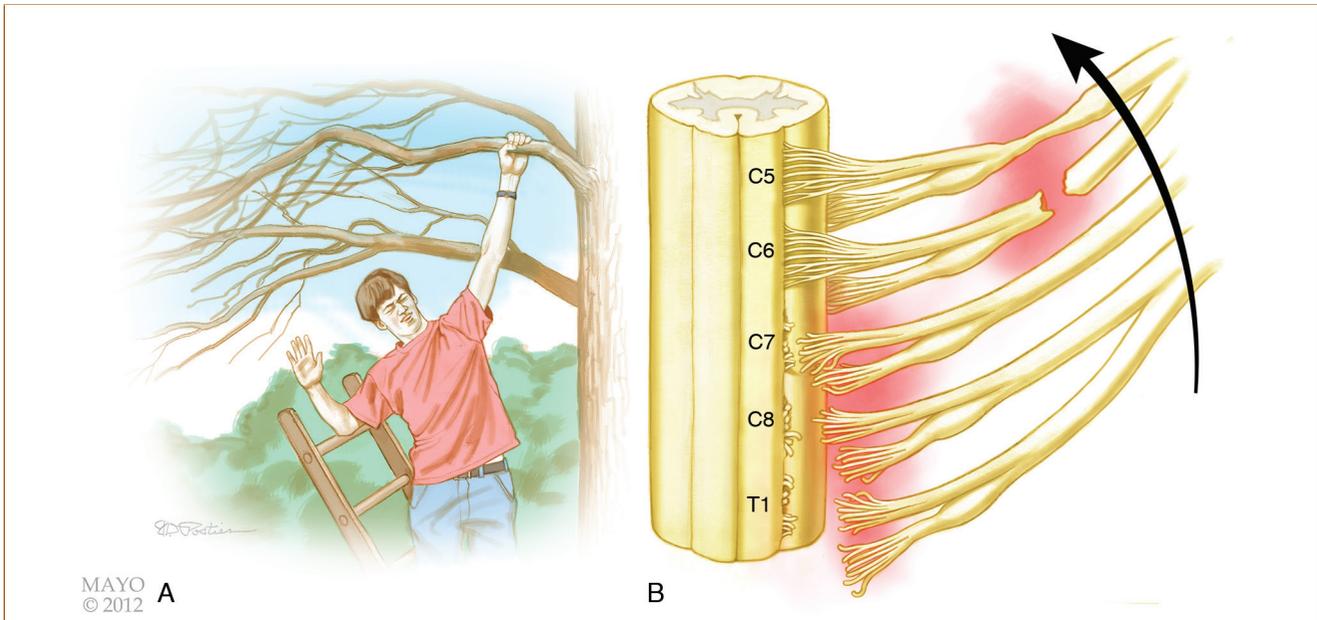
res del plexo con afectación variable de los superiores (Figura 6).

- D. Las heridas por arma de fuego también pueden provocar lesiones del plexo braquial, cuya gravedad depende del calibre, la velocidad y el ángulo de entrada del proyectil. Los proyectiles a alta velocidad causan la lesión nerviosa por las ondas de choque y el efecto de cavitación, que provocan contusión y tracción de los nervios más que rotura por impacto directo

## IV. Diagnóstico

### A. Exploración física

1. Deben valorarse cuidadosamente las características del dolor de la extremidad superior referido por el paciente. Las lesiones preganglionares suelen causar dolores más intensos e insuportables, disestesias y parestesias que las lesiones posganglionares.
2. Deben explorarse de forma reglada y registrarse sistemáticamente los datos de todos los grupos motores y distribuciones sensitivas inervados por todas las ramas terminales posibles del plexo braquial (Figura 7).
3. Esta información es importante para planificar más adelante las intervenciones apropiadas, incluyendo los posibles nervios donantes o las transposiciones tendinosas.
4. Fuerza muscular.
  - a. Deben explorarse todos los músculos de la extremidad superior, valorando la fuerza con-



**Figura 6** Ilustraciones que representan el tipo de lesión que afecta predominantemente a los segmentos inferiores del plexo braquial. **A**, Estas lesiones del plexo braquial inferior se dan cuando el brazo y el hombro se fuerzan hacia arriba aumentando el ángulo escapulohumeral. **B**, La dirección de las fuerzas, como señala la flecha curva, puede causar arrancamiento o rotura de las raíces nerviosas C5 a T1, tal como se representa. Este patrón de lesión suele denominarse parálisis de Klumpke. (Reproducida con la debida autorización de la Mayo Foundation for Medical Education and Research, Rochester, Minnesota, Estados Unidos.)

tráctil según la escala de cinco puntos del British Medical Research Council (Figura 7).

- b. Se consideran músculos esenciales para explorar los romboides y el serrato mayor.
  - La razón de la especial atención en la exploración de estos músculos es su peculiar inervación (el nervio escapular dorsal para los romboides y el nervio torácico largo para el serrato mayor), que señala la localización supraclavicular y, posiblemente, incluso preganglionar de la lesión.
  - Si la función de estos músculos no está alterada en el contexto de una parálisis del plexo braquial superior, lo más probable es que la lesión sea posganglionar.
5. Exploración del ojo y el párpado ipsilaterales.
  - a. Si está arrancada la raíz T1 (lesión preganglionar), es frecuente que esté afectada la cadena simpática relacionada con el ojo, lo que da lugar a ptosis palpebral, miosis y anhidrosis cutánea ipsilateral (Figura 8).
  - b. Estos signos constituyen el llamado síndrome de Horner, que es patognomónico de arrancamiento de T1 preganglionar.
6. Pulsos radial, cubital y humeral: la exploración de los pulsos de la extremidad superior es importante por la gran frecuencia de afectación vascular asociada a las lesiones completas del plexo braquial. Las lesiones arteriales también pueden dar origen a pseudoaneurismas, que se manifiestan por una masa pulsátil o frémito a la palpación.

**B. Estudios de imagen**

1. Las radiografías estándar deben incluir proyecciones de la columna cervical, hombro (proyecciones anteroposterior y axilar) y tórax para valorar las lesiones asociadas.
  - a. En las radiografías de la columna cervical, deben buscarse fracturas cervicales que podrían suponer riesgo de lesión de la médula espinal.
  - b. Las fracturas de las apófisis transversas de las vértebras cervicales pueden señalar un posible arrancamiento de las raíces medulares al mismo nivel.
  - c. En la radiografía de tórax pueden verse fracturas de clavícula o de costillas (primera o segunda), que orientarían a favor de lesión del plexo braquial.
    - La revisión cuidadosa de las radiografías de tórax aporta información sobre fracturas costales antiguas, cuestión de importancia si se piensa usar los nervios intercostales como injertos. (Las fracturas de las costillas con frecuencia lesionan los nervios intercostales.)
    - La lesión del nervio frénico viene señalada por parálisis del hemidiafragma.
2. Arteriografía.
  - a. La arteriografía está indicada cuando se sospecha una lesión vascular.
  - b. La angiografía por resonancia magnética (RM) permite confirmar la permeabilidad de las reconstrucciones vasculares previas.



3. La mielografía por tomografía computarizada (TC) es en la actualidad la técnica de referencia para definir el nivel de las lesiones de las raíces nerviosas.
  - a. Cuando hay arrancamiento cervical, la cicatrización de la vaina dural se manifiesta por el desarrollo deseudomeningocele.
  - b. Inmediatamente después de la lesión se forma en la zona del arrancamiento de la raíz nerviosa un coágulo que puede desplazar el contraste de la mielografía. Por ello, se aconseja practicar la mielografía por TC a las tres a cuatro semanas de la lesión, para dar tiempo a que los coágulos se lisen y se formen losseudomeningoceles.
  - c. La presencia deseudomeningocele en la mielografía por TC es muy sugestiva de arrancamiento de una raíz nerviosa (Figura 9).
4. La RM también puede ser útil para estudiar al paciente con sospecha de arrancamiento de una raíz nerviosa.
  - a. Ventajas de la RM sobre la mielografía por TC.
    - La RM es incruenta y permite visualizar la mayoría del plexo braquial.
    - La mielografía por TC muestra sólo las lesiones del plexo braquial con afectación de una raíz nerviosa.
    - La RM revela grandes neuromas secundarios a los traumatismos con la inflamación y el edema asociados.

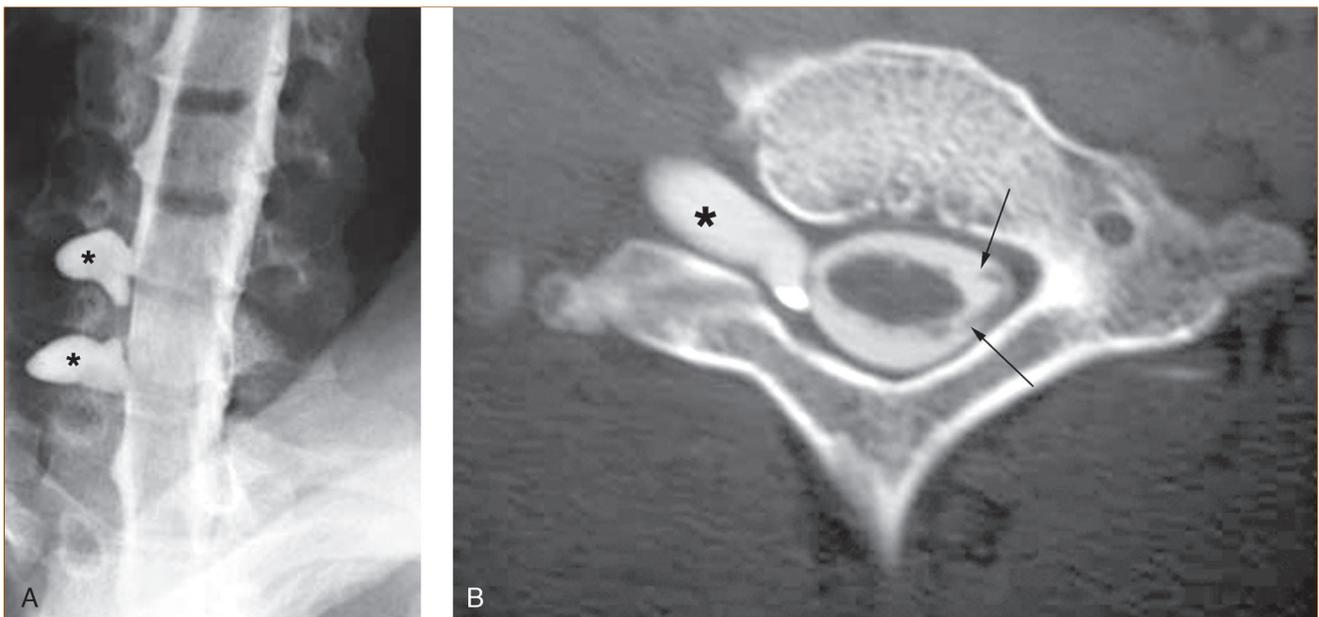


**Figura 8** Fotografía que pone de manifiesto la ptosis palpebral, la miosis, la anhidrosis facial y el enoftalmos en un paciente con síndrome de Horner causado por parálisis de la cadena simpática debida a arrancamiento de las raíces nerviosas C8 y T1. (Reproducida con la debida autorización de la Mayo Foundation for Medical Education and Research, Rochester, Minnesota, Estados Unidos.)

- b. En los traumatismos agudos, la mielografía por TC sigue siendo la técnica radiológica de referencia de los arrancamientos de raíces nerviosas; de todos modos, la RM continúa mejorando y cabe pensar que algún día acabará con la necesidad de la mielografía más invasiva.

#### C. Estudios electrofisiológicos

1. Los estudios electrodiagnósticos forman parte integral de la evaluación preoperatoria e intraoperatoria y en la toma de decisiones terapéuticas. Los estudios de electromiografía y de velocidad de conducción nerviosa ayudan a localizar y caracterizar las lesiones del plexo braquial (parciales o completas) y a comprobar los datos subclínicos de recuperación de los nervios.



**Figura 9** Imágenes de mielografía por tomografía computarizada axial deseudomeningoceles en el lado derecho. El lado izquierdo es normal. **A**, Imagen axial en la que se aprecianseudomeningoceles cervicales en el lado derecho (asteriscos). **B**, Imagen transversal en la que se aprecia unseudomeningocele cervical (asterisco). (Reproducida con la debida autorización de la Mayo Foundation for Medical Education and Research, Rochester, Minnesota, Estados Unidos.)

2. Signos electrodiagnósticos de denervación.
  - a. Los cambios debidos a la denervación tardan de tres a cuatro semanas en desarrollarse, porque para ello debe instaurarse la degeneración walleriana de los axones que parten de la zona de lesión.
  - b. Los músculos distales tardan más en mostrar signos de denervación que los proximales.
3. Momento y secuencia de los estudios.
  - a. El momento óptimo de practicar los estudios electrodiagnósticos iniciales es hacia las cuatro a seis semanas de la lesión.
  - b. Hay que practicar estudios seriados simultáneos con las exploraciones clínicas repetidas, para calibrar la evolución de la reinervación o de la denervación.
4. Electromiografía.
  - a. Mediante la electromiografía se analiza la actividad muscular en reposo y en actividad.
  - b. Los cambios debidos a la denervación (fibrilación y potenciales de ondas picudas) pueden verse ya a los 10 a 14 días de la lesión en los músculos proximales y no antes de las tres a seis semanas en los distales.
  - c. La electromiografía puede ayudar a distinguir las lesiones preganglionares de las posganglionares explorando con agujas los músculos inervados proximalmente por las ramas motoras del nivel de la lesión (p. ej., los músculos paraespinales cervicales, romboides y serrato mayor).
5. Velocidad de conducción nerviosa: los potenciales de acción de los nervios sensitivos, estudiados conjuntamente con la electromiografía, son importantes para catalogar una lesión como preganglionar o posganglionar.
  - a. Los potenciales de acción de los nervios sensitivos estarán preservados en las lesiones proximales a los ganglios de la raíz dorsal.
  - b. Como los somas de las neuronas sensitivas están intactos en el interior de los ganglios de la raíz dorsal, la medida de la velocidad de conducción nerviosa a menudo demuestra que los potenciales de acción de los nervios sensitivos es normal y la conducción motora está ausente cuando el paciente tiene insensibilidad clínica en el dermatoma asociado.
  - c. Los potenciales de acción de los nervios sensitivos están ausentes en las lesiones posganglionares o combinadas preganglionares y posganglionares.
  - d. Si el potencial de acción sensitivo del nervio cubital es normal y el paciente tiene insensibilidad en el territorio de distribución del nervio cubital, significa que hay lesión preganglionar de C8 y T1.
  - e. Si el potencial de acción sensitivo del nervio mediano es normal y el paciente tiene insensibilidad en el territorio de distribución del nervio mediano, significa que hay lesión preganglionar de C5 y C6.
6. Estudios electrodiagnósticos intraoperatorios.
  - a. Potenciales de acción de los nervios.
    - La medida de los potenciales de acción de los nervios permite al cirujano estudiar el estado funcional de los nervios directamente.
    - Los potenciales de acción de los nervios detectan la reinervación meses antes que las técnicas electromiográficas convencionales y permiten detectar si la lesión es una neuroapraxia (potenciales de acción negativos) o una axonotmesis (potenciales de acción positivos).
    - La presencia de potenciales de acción de los nervios en la lesión indica que los axones están preservados o regenerándose.
  - b. Potenciales evocados somatosensitivos.
    - La presencia de potenciales evocados somatosensitivos viene determinada por la integridad de unos pocos cientos de fibras intactas y señala la continuidad entre el sistema nervioso periférico y el central a través de la raíz dorsal.
    - La situación exacta de la raíz ventral no se valora directamente con este estudio; se deduce del estado de las ramas nerviosas sensitivas, aunque no siempre hay correlación entre el arrancamiento de las raíces ventrales y las dorsales.
    - Los potenciales evocados somatosensitivos están ausentes en las lesiones posganglionares o en las preganglionares y posganglionares combinadas.
7. Los potenciales evocados motores se utilizan para valorar la integridad de las vías motoras de la raíz ventral.

## V. Decisiones terapéuticas

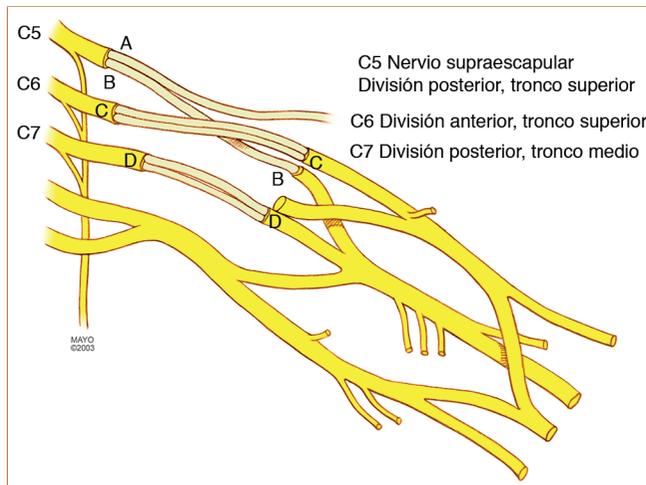
### A. Indicaciones y contraindicaciones

1. Muchas lesiones del plexo braquial traumáticas, especialmente las leves y cerradas, se recuperan espontáneamente en semanas o meses. La intervención quirúrgica está indicada sólo en los pacientes sin posibilidades de recuperación espontánea o de mejorías ulteriores.
2. Las contraindicaciones principales para la reconstrucción del plexo braquial son que el paciente rechace operarse o que tenga falsas expectativas sobre los resultados.

3. Contraindicaciones relativas serían las contracturas importantes del codo o del hombro, la edad avanzada, enfermedades asociadas graves y lesiones traumáticas cerebrales o medulares.
  4. Las lesiones del plexo braquial C8-T1 aisladas también se consideran contraindicación relativa para la reconstrucción del plexo braquial, puesto que los resultados de las transposiciones nerviosas o tendinosas distales son más predecibles.
- B. Momento de la intervención**
1. El tiempo transcurrido entre el momento de la lesión y la llegada al hospital determina si es posible practicar injertos o transposiciones de nervios.
  2. Si no se restablece la continuidad del nervio, se producen cambios irreversibles de la placa motora terminal que se solapan con la lenta regeneración del nervio (1 mm/día) y el tiempo que tarda en alcanzar la placa motora terminal.
  3. Se recomienda practicar la intervención antes de los seis meses de la lesión.
- C. Lesiones agudas**
1. Las lesiones penetrantes agudas (p. ej., heridas por arma blanca) del plexo braquial se deben explorar y reparar agudamente.
  2. Las lesiones vasculares asociadas con traumatismos cerrados se deben explorar y los vasos deben reconstruirse o repararse. Las raíces nerviosas se marcan para identificarlas y reconstruirlas más adelante.
  3. Las heridas por arma de fuego se deben mantener en observación, porque por su propia naturaleza son neuroapraxicas.
- D. Traumatismos cerrados**
1. Intervención precoz: si se sospecha arrancamiento de raíces nerviosas (lesiones preganglionares), la intervención quirúrgica se realiza habitualmente a las tres a seis semanas del accidente.
  2. Intervención electiva: si se sospecha lesión posganglionar (p. ej., ruptura o estiramiento), retrasar el tratamiento (típicamente de tres a seis meses) puede permitir cierta recuperación espontánea de los nervios afectados (parálisis parcial).
  3. Intervenciones tardías.
    - a. Los pacientes que acuden entre los seis meses y el año tras el accidente se encuentran en el período de intervención tardía.
    - b. Las transposiciones nerviosas (neurotización) o los injertos de nervios tienen peores resultados en estos pacientes que en los operados precoz o electivamente.
  4. Tras el año.
    - a. No son aconsejables la neurotización directa ni los injertos de nervios.
    - b. En estos casos entran en consideración otras alternativas terapéuticas, como las transposiciones musculares libres o las transposiciones tendinosas alrededor del hombro. También puede plantearse la artrodesis del hombro.
- E. Prioridades del tratamiento:** Son, por orden de importancia, la flexión del codo, la abducción y rotación externa el hombro, la sensibilidad de la mano, la extensión de la muñeca y flexión de los dedos, la flexión de la muñeca y extensión de los dedos y las funciones intrínsecas de la mano.
- F. Tipos de lesión**
1. Lesiones preganglionares (arrancamientos).
    - a. Los arrancamientos de las raíces nerviosas no se pueden reparar quirúrgicamente, porque en la actualidad no hay modo de conseguir la continuidad funcional entre las ramas nerviosas y la médula espinal.
    - b. Para estas lesiones, hay que pensar en métodos alternativos de transposición de nervios motores funcionales a las ramas terminales de los nervios afectados distales a la lesión del plexo braquial.
  2. Las lesiones posganglionares (rupturas o lesiones por estiramiento) se pueden reparar mediante injertos nerviosos empleando cordones del nervio sural o por coaptación directa, si hay lesión focal.
- G. Lesiones asociadas:** Las hay con frecuencia y dictan las opciones de tratamiento disponibles.
1. Lesiones óseas.
    - a. Una articulación de codo con incongruencia humerocubital y movilidad pasiva limitada no mejorará la movilidad tras la reconstrucción del bíceps.
    - b. Es importante reconstruir anatómicamente las articulaciones y los huesos largos lesionados.
  2. Lesiones de los tejidos blandos: los grandes defectos de tejidos blandos y pérdidas musculares tras un traumatismo impiden la reinervación de los músculos afectados. Por ejemplo, la pérdida de masa muscular en el bíceps impide la reinervación del nervio musculocutáneo y obliga a plantear tratamientos alternativos.
  3. Lesiones vasculares: la reconstrucción vascular es necesaria para aportar el flujo sanguíneo óptimo a la extremidad, pero puede excluir procedimientos quirúrgicos que requieran anastomosis vasculares (p. ej., transposición del gracilis libre).

## VI. Tratamiento

- A. Reparación directa de los nervios:** La reparación nerviosa directa es el método de elección en los pacientes con lesiones del plexo braquial posganglionares si



**Figura 10** Ilustración que representa los injertos nerviosos intraplexales, que se usan siempre que se puede para la reconstrucción anatómica del plexo braquial. Se incluyen las reconstrucciones de C5 para el hombro (nervio supraescapular [A] y división posterior del tronco superior [B]), de C6 para los flexores del codo (división anterior del tronco superior [C]) y de C7 para los músculos extensores (división posterior del tronco medio [D]). (Reproducida con la debida autorización de la Mayo Foundation for Medical Education and Research, Rochester, Minnesota, Estados Unidos.)

puede realizarse sin un crear exceso de tensión en el nervio afectado. Esto raramente es posible.

**B. Injertos nerviosos (interposición de otro nervio donante entre los extremos proximal y distal de un nervio lesionado cuando el extremo proximal es viable):** Se deben plantear en las lesiones posganglionares en las que no es posible la reparación directa (Figura 10).

1. Son preferibles para las lesiones de los troncos superior y medio, porque la reinervación de la musculatura proximal del hombro se consigue antes de que se desarrollen cambios irreversibles en la placa motora.
2. Los injertos nerviosos a las lesiones del tronco inferior suelen tener resultados pobres, debido al tiempo que tarda en establecerse la reinervación de los músculos distales del brazo y la mano.
3. Los injertos nerviosos pueden obtenerse del nervio sural, los nervios cutáneos ipsilaterales y el nervio cubital vascularizado ipsilateral (sólo en pacientes con arrancamientos C8/T1). Estos nervios donantes suelen ser de menor diámetro que los nervios del plexo receptor, por lo que se duplican o triplican formando un "cable" de nervio (Figura 11).
4. Las fuentes intraplexales son el nervio frénico, partes de los nervios cubital o mediano y nervios pectorales intactos.

**C. Neurotización (transposición nerviosa)**

1. Las transposiciones de nervios suponen la conexión de un nervio motor funcionante pero de

importancia menor al nervio afectado afuncional de interés, con el fin de reinervar el músculo de-seado.

2. Las dos modalidades principales de fuentes de neurotización son extraplexales e intraplexales.

a. Las fuentes extraplexales son el nervio espinal accesorio (Figura 12, A), los nervios intercostales (Figura 12, B), el C7 contralateral y el hipogloso. Las transposiciones extraplexales más utilizadas para la reconstrucción del plexo braquial utilizan el nervio espinal accesorio y los nervios intercostales (sensitivos y motores).

b. Las fuentes intraplexales son el nervio frénico, partes funcionales de los nervios cubital o mediano y nervios pectorales intactos.

- Si hay lesión del tronco superior, puede utilizarse el nervio cubital como donante de nervio motor para transponerlo a la rama motora del bíceps (transposición de Oberlin, Figura 13).

- La rama tricipital del nervio radial puede trasponerse al nervio axilar en los pacientes con lesiones del tronco superior (transposición de Leechavengvong, Figura 14).

3. Se utilizan diversas combinaciones de neurotizaciones para restablecer cierta funcionalidad en las lesiones del plexo braquial. Cuanto mayor es el grado de lesión, peores son los resultados (es decir, las lesiones completas del plexo braquial tienen menos opciones que las del tronco superior).

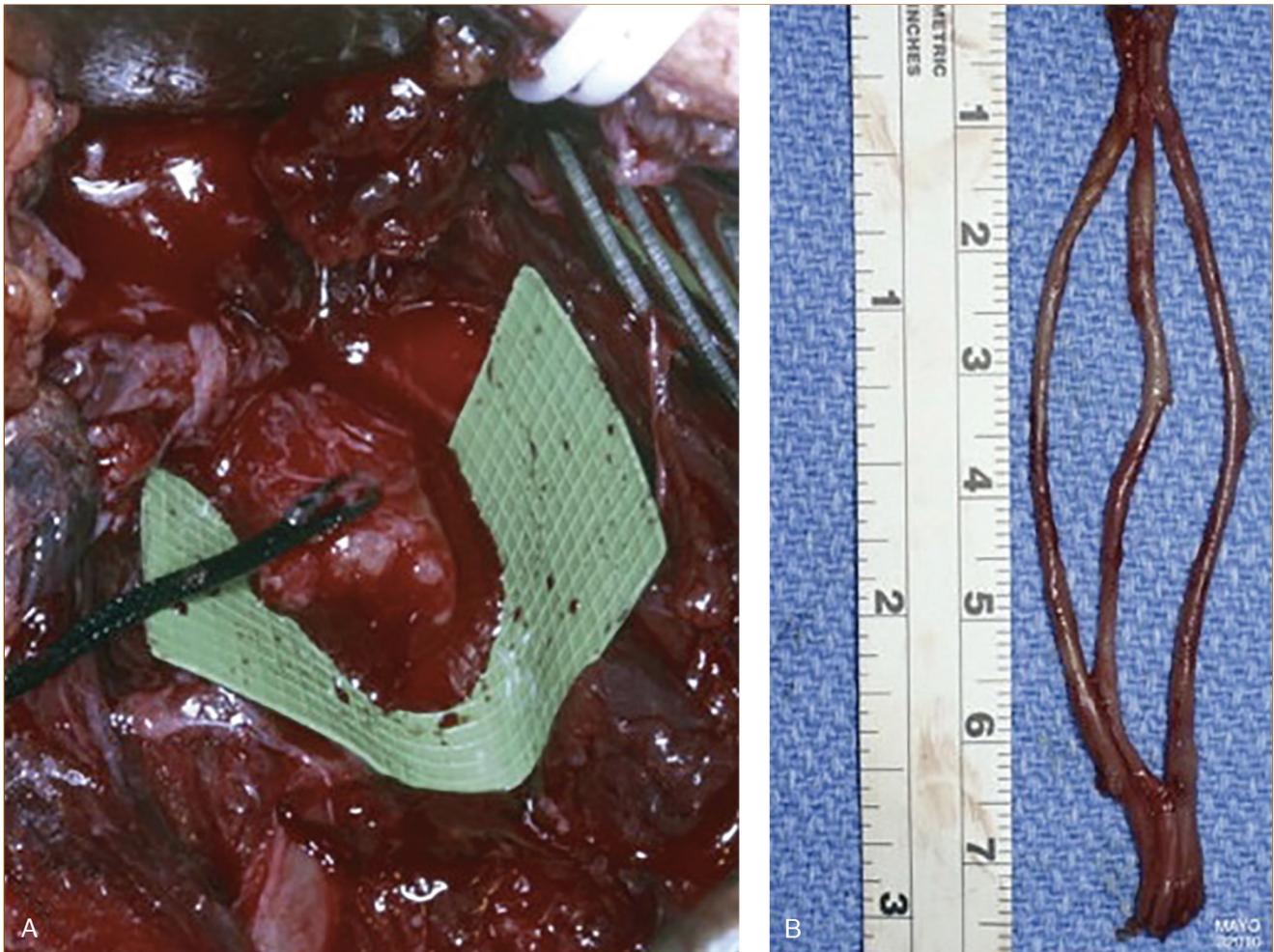
**D. Colgajos musculares libres:** Los colgajos musculares libres consisten en desplazar un músculo sano con su pedículo vasculonervioso de otra parte del cuerpo hasta la zona deseada (p. ej., trasposición del recto interno a la clavícula o al antebrazo proximal)

1. Las plastias libres de músculos funcionales suponen una opción para recuperar la flexión del codo en los pacientes que se presentan muy tardíamente (más de un año) y tienen el sistema vascular intacto.

2. El músculo recto interno es el que más se utiliza para las transposiciones musculares libres (Figura 15).

3. En pacientes con lesiones completas agudas del plexo braquial, también pueden usarse músculos funcionales como injerto libre con la pretensión de recuperar la prensión, el cierre de la mano y la flexión/extensión del codo; una transposición muscular doble practicada en dos tiempos puede conseguir estos resultados.

**E. Transposiciones tendinosas:** Las transposiciones de tendones (como el trapecio) también permiten mejorar mucho la función del miembro superior en pacientes que se presentan tardíamente o tienen una parálisis parcial



**Figura 11** Fotografías que ilustran cómo se obtienen los nervios para injertos. **A**, Fotografía intraoperatoria en la que se aprecia una rotura del nervio C5 que está marcado y preparado para usarlo como donante de axones. **B**, Fotografía que muestra tres injertos de nervio sural preparados en forma de cable para reconstruir los nervios del hombro previstos. (Reproducida con la debida autorización de la Mayo Foundation for Medical Education and Research, Rochester, Minnesota, Estados Unidos.)

F. Tratamiento según el tipo de lesión

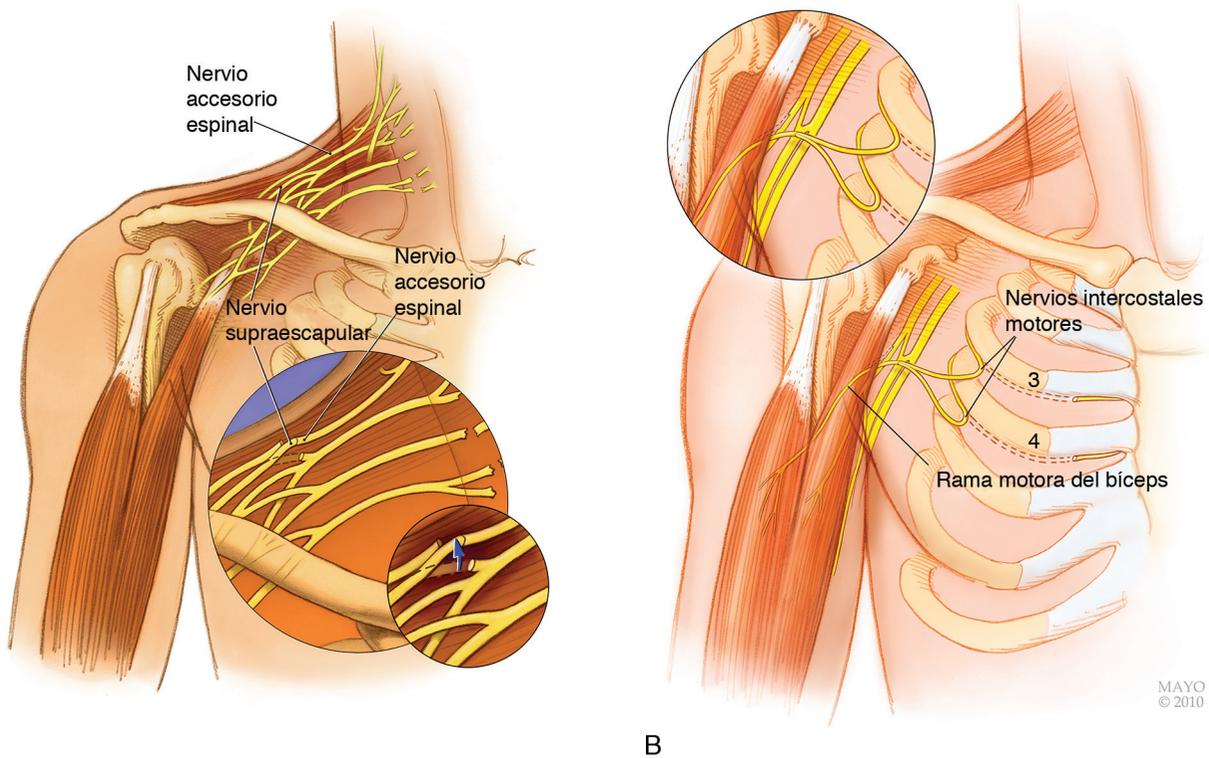
1. Lesiones del tronco superior (C5, C6): arrancamiento de ambas raíces C5 y C6; los pacientes presentan hombro flácido y pérdida de la flexión del codo.
  - a. Si el arrancamiento se trata antes de los seis meses, es posible recuperar la estabilidad del hombro, la abducción y algo de rotación externa, así como la flexión del codo, mediante transposición del nervio espinal accesorio al supraescapular, transposición de la rama tricaptal del nervio radial al nervio axilar y transposición de Oberlin.
  - b. Hay opciones quirúrgicas viables para recuperar la función del hombro; por lo tanto, la artrodesis del hombro no se recomienda como tratamiento inicial de las lesiones del plexo braquial.
  - c. Con las transposiciones mencionadas se han conseguido tasas del 65%-72% de flexión del codo de grado M3 o mayor y del 80% de abducción del hombro de grado M3 o mayor.

2. Lesiones del tronco inferior (C8, T1).

- a. La recuperación de la funcionalidad de la mano tiene mucho menos éxito que la del hombro o el codo.
- b. Cuando los arrancamientos o las roturas abarcan ambas raíces C8 y T1, lo recomendado es la transferencia de tendones, dado que el tiempo que tarda la reinervación de los músculos intrínsecos supera la longevidad de la placa motora. Las transposiciones del braquiorradial al flexor largo del pulgar, del extensor radial del carpo al flexor común profundo de los dedos y del extensor propio del índice al oponente del pulgar permiten recuperar la flexión del pulgar, la flexión de los dedos y la oposición del pulgar, respectivamente.

3. Arrancamientos completos de todo el plexo.

- a. Estas lesiones traumáticas del plexo braquial son las de peor pronóstico.



**Figura 12** Ilustraciones que representan dos fuentes extraplexales para la neurotización. **A**, Un nervio espinal accesorio puede transponerse al supraescapular. Los dos insertos son imágenes ampliadas de las anastomosis nerviosas para la transposición del nervio accesorio espinal al nervio supraescapular. **B**, Para conseguir la flexión del codo pueden transponerse los nervios intercostales (T3 a T4) a las ramas bicipitales del nervio musculocutáneo. En el inserto se muestra una ampliación de la técnica de anastomosis nerviosa para la transposición de los intercostales al nervio motor del bíceps. (Reproducida con la debida autorización de la Mayo Foundation for Medical Education and Research, Rochester, Minnesota, Estados Unidos.)

- b. Se han recomendado muchos tipos de intervenciones en estos casos; entre ellas están todas las transposiciones nerviosas posibles o combinaciones de éstas con colgajos del recto interno libres.
- c. Las transposiciones musculares libres únicas o dobles superan los límites de este capítulo, aunque en la actualidad constituyen el método más aconsejable para recuperar en lo posible la función de prensión, la flexión/extensión del codo y la funcionalidad del hombro.

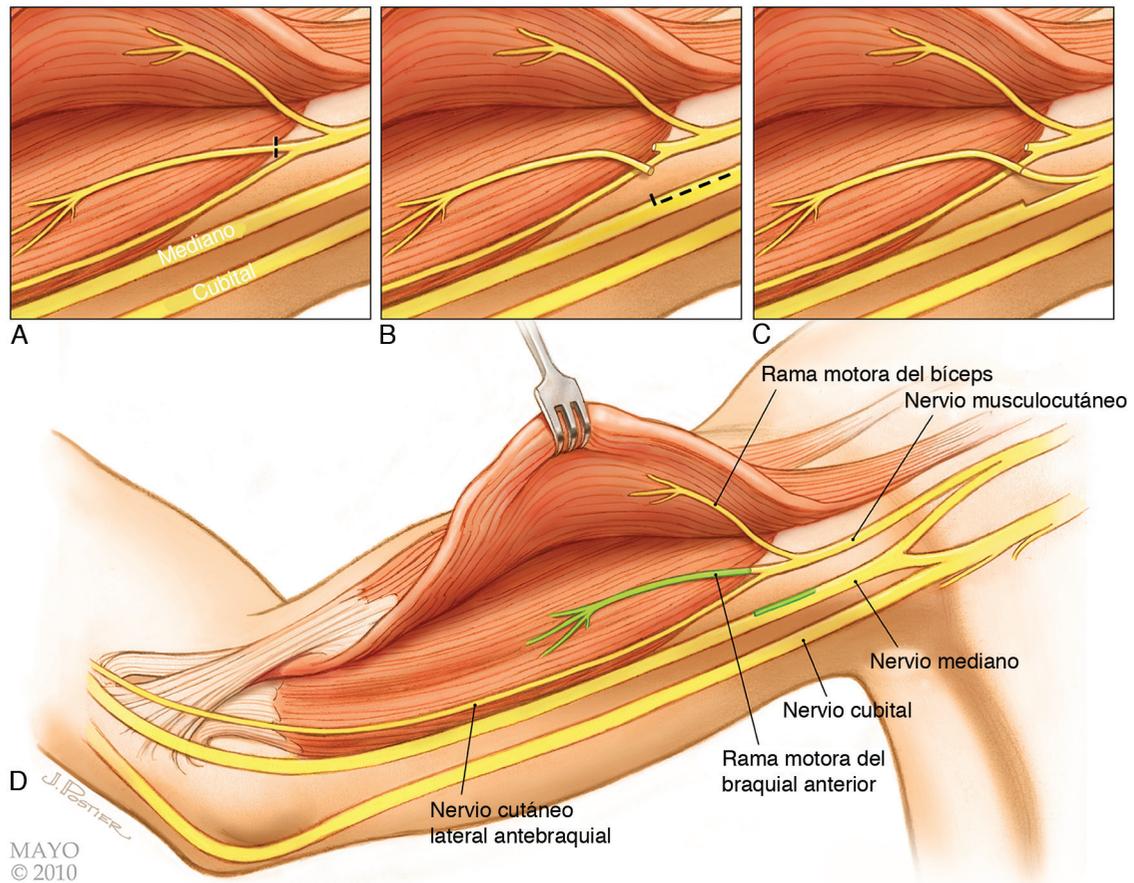
#### G. Rehabilitación

##### 1. Recuperación.

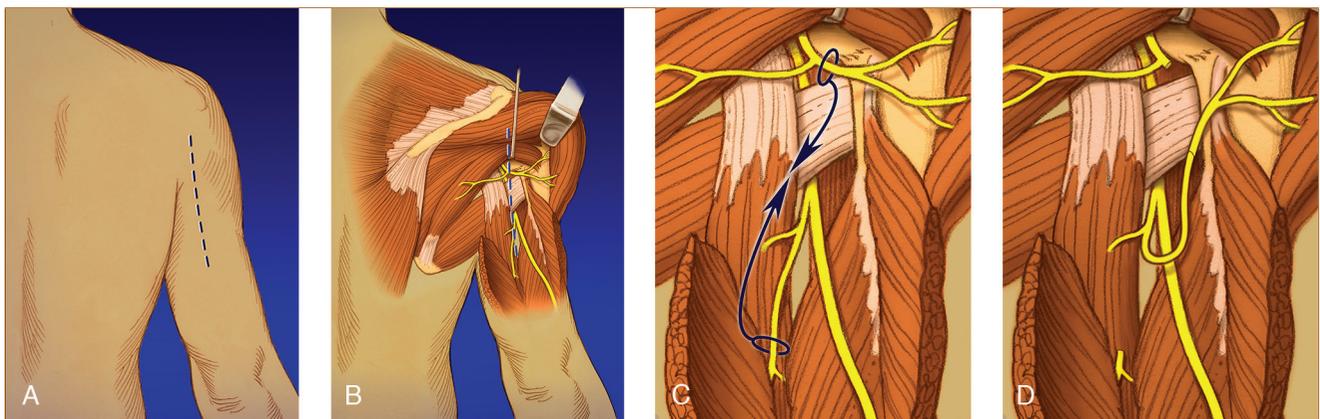
- a. La recuperación funcional de las lesiones del plexo braquial reconstruidas puede tardar hasta tres años.
- b. Los ejercicios en el rango de movilidad se inician después de un período de inmovilización

en el postoperatorio inmediato, cuya duración depende del tipo de intervención practicada. La fisioterapia se prolonga entre seis meses y un año, según el procedimiento quirúrgico y los progresos conseguidos en la fuerza y el rango de movilidad.

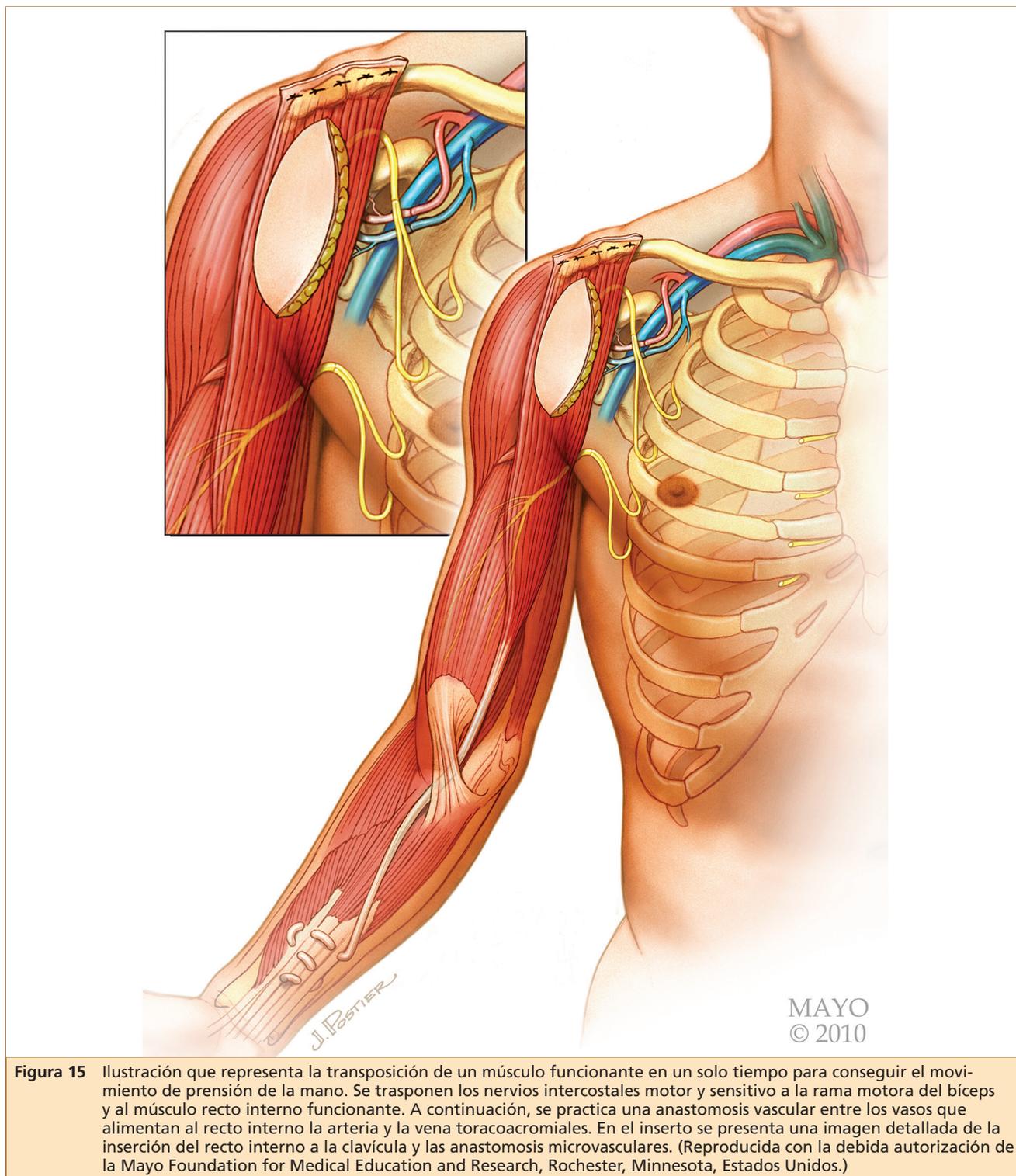
- c. Teniendo en cuenta que la velocidad de regeneración de los nervios es de 1 mm por día desde el punto de coaptación del nervio, algunos grupos motores pueden tardar hasta dos años en recibir las señales nerviosas; a ese tiempo hay que sumar el necesario para ganar fuerza y recuperar la función motora.
- 2. Pueden ser necesarias intervenciones complementarias a medida que van retornando los diversos grados de función de los músculos reinervados. Por ejemplo, puede que haya que recurrir a artrodesis o a transferencias tendinosas activas y pasivas.



**Figura 13** Ilustraciones que representan la técnica de la transposición de Oberlin. **A**, Se identifica la rama motora del bíceps del nervio musculocutáneo y se secciona proximalmente. **B**, El nervio cubital se neurotiza internamente y, mediante un estimulador nervioso, se identifica un fascículo del tamaño adecuado para estimular la flexión de la muñeca, no las funciones intrínsecas de la mano. **C**, El fascículo seleccionado del nervio cubital se secciona distalmente y se transpone a la rama motora del bíceps usando microscopio quirúrgico. **D**, La transposición se ha completado. (Reproducida con la debida autorización de la Mayo Foundation for Medical Education and Research, Rochester, Minnesota, Estados Unidos.)



**Figura 14** Ilustraciones que representan la técnica de la transposición de Leechavengvong. **A**, La transferencia se realiza a través de una incisión cutánea en la cara posterior del brazo. **B**, Se identifica el nervio axilar en el espacio cuadrilátero y las ramas tricpitales del nervio radial en el espacio triangular. **C**, Se selecciona la rama del nervio radial para la cabeza larga del tríceps y se transpone a la división anterior del nervio axilar (flechas). **D**, La neurorafia directa se realiza sin interposición de injertos ni tensión. (Reproducida con la debida autorización de la Mayo Foundation for Medical Education and Research, Rochester, Minnesota, Estados Unidos.)



**Figura 15** Ilustración que representa la transposición de un músculo funcionante en un solo tiempo para conseguir el movimiento de presión de la mano. Se trasponen los nervios intercostales motor y sensitivo a la rama motora del bíceps y al músculo recto interno funcionante. A continuación, se practica una anastomosis vascular entre los vasos que alimentan al recto interno la arteria y la vena toracoacromiales. En el inserto se presenta una imagen detallada de la inserción del recto interno a la clavícula y las anastomosis microvasculares. (Reproducida con la debida autorización de la Mayo Foundation for Medical Education and Research, Rochester, Minnesota, Estados Unidos.)

## Puntos clave a recordar

1. El nervio torácico largo (serrato mayor) surge de las raíces nerviosas C5 a C7.
2. La única rama terminal que se ramifica al nivel troncular del plexo braquial es el nervio supraescapular.
3. Las lesiones posganglionares (roturas o lesiones por estiramiento) pueden repararse quirúrgicamente si hay lesión focal; las preganglionares no pueden repararse.
4. Hay que practicar estudios electrodiagnósticos seriados para seguir la recuperación espontánea y decidir si es necesario intervenir quirúrgicamente.
5. Si el potencial de acción sensitivo del nervio cubital es normal y el paciente tiene insensibilidad en el territorio de distribución del nervio cubital, significa que hay lesión preganglionar de C8 y T1.
6. Elegir el momento adecuado de la intervención es esencial. Siempre que sea posible, debe hacerse antes de los seis meses del accidente.
7. Hay opciones quirúrgicas viables para recuperar la función del hombro; por lo tanto, la artrodesis del hombro no se recomienda como tratamiento inicial de las lesiones del plexo braquial.
8. El tratamiento ideal para las lesiones posganglionares es el injerto de nervios, generalmente del nervio sural en forma de cable.
9. Las lesiones preganglionares generalmente requieren transposiciones nerviosas, como un fascículo del nervio cubital al musculocutáneo, un fascículo del nervio espinal accesorio al supraescapular o un fascículo del nervio radial al axilar.
10. Los arrancamientos completos de todo el plexo son las lesiones de peor pronóstico y se pueden tratar con transposiciones del recto interno libres.

## Bibliografía

- Carlsen BT, Kircher MF, Spinner RJ, Bishop AT, Shin AY: Comparison of single versus double nerve transfers for elbow flexion after brachial plexus injury. *Plast Reconstr Surg* 2011;127(1):269-276.
- Chri stensen TJ, Bishop AT, Spinner RJ, Shin AY: Traumatic injuries of the adult brachial plexus. *Orthopaedic Knowledge Online Journal* 2012;10(7).
- Elhassan B, Bishop AT, Hartzler RU, Shin AY, Spinner RJ: Tendon transfer options about the shoulder in patients with brachial plexus injury. *J Bone Joint Surg Am* 2012;94(15):1391-1398.
- Giuffre JL, Kakar S, Bishop AT, Spinner RJ, Shin AY: Current concepts of the treatment of adult brachial plexus injuries. *J Hand Surg Am* 2010;35(4):678-688.
- Leechavengvongs S, Witoonchart K, Uerpaiojkit C, Thuvasethakul P: Nerve transfer to deltoid muscle using the nerve to the long head of the triceps, part II: A report of 7 cases. *J Hand Surg Am* 2003;28(4):633-638.
- Moran SL, Steinmann SP, Shin AY: Adult brachial plexus injuries: Mechanism, patterns of injury, and physical diagnosis. *Hand Clin* 2005;21(1):13-24.
- Oberlin C, Béal D, Leechavengvongs S, Salon A, Dauge MC, Sarcy JJ: Nerve transfer to biceps muscle using a part of ulnar nerve for C5-C6 avulsion of the brachial plexus: Anatomical study and report of four cases. *J Hand Surg Am* 1994;19(2):232-237.
- Oberlin C, Durand S, Belheyyar Z, Shafi M, David E, Asfazadourian H: Nerve transfers in brachial plexus palsies. *Chir Main* 2009;28(1):1-9.
- Shin AY, Spinner RJ, Steinmann SP, Bishop AT: Adult traumatic brachial plexus injuries. *J Am Acad Orthop Surg* 2005;13(6):382-396.
- Suzuki K, Doi K, Hattori Y, Pagsaligan JM: Long-term results of spinal accessory nerve transfer to the suprascapular nerve in upper-type paralysis of brachial plexus injury. *J Reconstr Microsurg* 2007;23(6):295-299.

