

11232  
205  
9



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES DEL CENTRO  
MEDICO "LA RAZA"  
DEPARTAMENTO DE NEUROCIRUGIA

## TRATAMIENTO QUIRURGICO DE LAS LESIONES DEL PLEXO BRAQUIAL

### T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
ESPECIALISTA EN NEUROCIRUGIA

P R E S E N T A

DR. JOSE REYES SAVINON

PROFR. DEL CURSO: DR. JOSE MARIANO MADRAZO NAVARRO  
DIRECTOR DE TESIS: DR. MIGUEL A. SANDOVAL B.

MEXICO, D. F.

1988



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

RECIBIDA EN LA FACULTAD DE MEDICINA  
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
C. M. LA RAZA  
Vobo  
Rodriguez



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## I N D I C E

I.- RESUMEN . . . . .	1
II.- INTRODUCCION . . . . .	1
III.- HISTORIA . . . . .	5
IV.- ANATOMIA DEL PLEXO BRAQUIAL . . . . .	13
V.- MEDIOS DE PROTECCION DEL PLEXO BRAQUIAL . . . . .	18
VI.- DIAGNOSTICO . . . . .	21
VII.- TRATAMIENTO . . . . .	31
VIII.- MATERIAL Y METODOS . . . . .	40
IX.- RESULTADOS . . . . .	61
X.- BIBLIOGRAFIA . . . . .	72



## RESUMEN

Se hace un reporte sobre el resultado del tratamiento quirúrgico efectuado durante un periodo de 4 años a 11 pacientes afectados de lesiones post-traumáticas de el plexo braquial. El mayor número de casos tuvo como origen un mecanismo de tracción (54.5 %). Las lesiones abiertas siguieron en frecuencia constituyendo el 36.3 %. El grupo de edad más afectado fué entre 20 y 30 años de edad (54.5 %).

Predominó la parálisis parcial (63.6 %) sobre la total (36.3 %).

En seis de los casos (54.5 %) fué realizado un abordaje transclavicular con lo cual fué posible obtener una mejor exposición del plexo braquial.

El procedimiento quirúrgico más realizado fué la neurólisis (90.9 % de los casos). Sólo en una ocasión se utilizó injerto neural autólogo mediante nervio sural,

junto con un procedimiento de tunelización con Silastic.

Los resultados finales pueden considerarse pobres, sobre todo para aquellos casos en los que ha intervenido la tracción y también cuando desde un principio se ha presentado parálisis total; las lesiones producidas por objetos punzocortantes o por proyectil de arma de fuego tienen un mejor pronóstico.

La recuperación motora se presenta sobre todo en los segmentos superiores de la extremidad, mientras que las zonas más afectadas desde el punto de vista funcional son las partes distales de ésta, en especial los músculos de la mano.



## 11:3 INTRODUCCION

Las lesiones post-traumáticas del plexo braquial presentan a menudo un reto al cirujano, debido a que los procedimientos quirúrgicos con frecuencia dan resultados desalentadores; el avance en la Microcirugía va mejorando paulatinamente el pronóstico para estos pacientes que la mayoría de las veces son jóvenes.

Son las lesiones por tracción en las que el plexo braquial más se afecta y la mayoría de éstas son secundarias a accidentes de tráfico, en particular de motocicletas y automóviles; la incidencia y gravedad de estas lesiones está en incremento como resultado de conducir con poca precaución y a gran velocidad 4, 24, 30, 33, 38

Las lesiones asociadas del cráneo, columna vertebral, tórax, vísceras y elementos vasculares son frecuentes y a veces tienen prioridad en el tratamiento 2, 9, 30, 31, 33. Otra situación que genera este tipo de lesión es la mala atención de el parto con la consecuente

parálisis; afortunadamente la mejoría en las técnicas obstétricas ha reducido la frecuencia de ésto. Otras causas son los accidentes industriales o de la construcción, algunos deportes como el alpinismo, en los esquiadores, etc. 15, 24, 38.

Además de la tracción existen otras formas por las que el plexo branquial puede resultar dañado; por ejemplo por heridas de puñal, balas de escopeta, vidrios o iatrogénicamente durante la cirugía de cuello para resecar neoplasias como tumor del vértice pulmonar, al realizar biopsia de ganglios linfáticos, excisión de costillas cervicales, cirugía del ganglio estrellado, en el curso de una mastectomía radical, etc. 9, 15, 33, 38.

El plexo y particularmente los cordones y ramas terminales del mismo pueden resultar lesionados durante la dislocación del hombro, 6, 18, 26, 27, 33.

También las fracturas de clavícula con formación hiperabundante de callo pueden secundariamente comprimir al plexo 9, 21. Las fracturas de la primera costilla y de la clavícula pueden dañar al plexo cuando los extremos de ellas presentan movimiento y también pueden resultar en lesión vascular a la arteria subclavia o axilar y la formación de un falso aneurisma puede producir parálisis por compresión 2, 9, 21, 33.

La parálisis por compresión también ha sido reportada en reclutas que cargan mochilas sobre los hombros y en las personas que transportan féretros<sup>9, 33</sup>.

Los Anestesiólogos pueden dañar ocasionalmente al plexo braquial cuando dan un bloqueo anestésico local<sup>33</sup>.

También durante algún procedimiento quirúrgico de diferente tipo el plexo puede resultar dañado; si el brazo se mantiene en posición de abducción y rotación externa puede producir elongación del plexo; la mayor tensión se ejerce en éste cuando el brazo es abducción  $90^{\circ}$  y extendido  $30^{\circ}$ .

El manejo de las lesiones post-traumáticas del plexo braquial es contradictorio, sobre todo el de las de tracción y por fricción, no existiendo aún acuerdo para el momento adecuado de la cirugía. Mientras algunos recomiendan abordaje quirúrgico temprano, otros están a

favor de un manejo conservador 4, 14, 18, 22, 24, 33

Se reporta la experiencia en 11 pacientes que fueron tratados por presentar lesiones del plexo branquial de diferentes etiologías.

Nuestros resultados sugieren que el abordaje temprano es el más adecuado. Se discutió el diagnóstico prequirúrgico y la importancia de los estudios de Neurofisiología como lo son los potenciales evocados en el transoperatorio para un manejo quirúrgico más racional.



### III.- HISTORIA

En la afección post-traumática del plexo branquial una gran cantidad de lesiones pueden ocurrir. El mecanismo más común de lesión es la tracción. Las parálisis debidas a lesión de la parte superior del plexo branquial son las más comúnmente observadas y fueron primeramente descritas por Smellie en su texto de Obstetricia en 1764. Duchenne en 1872 describe la bien conocida lesión del plexo superior asociada con trauma al nacer y en 1874 Erb describe un caso también relacionado con parálisis al nacer y localizó la lesión en la unión de la 5.a y 6.a raíz cervical, sitio que se conoce ahora como Punto de Erb; determinó que la causa de la parálisis era el resultado de una excesiva tracción durante el parto y condenó el uso de la Maniobra de Praga en la que la fuerza de tracción es aplicada en el hombro para extraer la cabeza en una presentación de nalgas<sup>12</sup>.

Menos común es la parálisis de la porción inferior del plexo que fue descrita por primera vez por

Klumpke en el adulto en 1885<sup>9, 12</sup>; ella también discutió los cambios oculares frecuentemente asociados debidos a trastorno simpático, lo que es bien conocido ahora como Síndrome de Horner; estas observaciones de Klumpke fueron demostradas en la autopsia en 1908.

Considerando las lesiones de tracción en el adulto, Frazier y Skillern en 1911 describieron el primer caso de avulsión de raíz demostrada por Laminectomía en una lesión cerrada de la porción supraclavicular de el plexo braquial. Adson también estudió la patología de las lesiones cerradas del plexo y en 1922 reportó que la mayoría de las lesiones están en el forámen intervertebral y que van desde la simple laceración de la envoltura superficial del elemento neural hasta la avulsión de la raíz. En 1949 Penfield reporta una mielopatía retardada resultante de una avulsión del plexo; la médula espinal estaba comprimida en el sitio de la avulsión debido a fibrosis<sup>9</sup>.

Un hecho muy importante en el tratamiento quirúrgico de las lesiones de los nervios periféricos es la introducción de los injertos de nervio; esto es iniciado en el Siglo XIX; en 1870 Phillipeaux y Vulpian demostraron que las fibras nerviosas pueden crecer a través de un injerto de nervio. Albert en 1878 reportó un hominjerto de nervio usando un nervio trasplantado de un miembro

amputado para cerrar un defecto de 3 cm. En 1880 Gluck reportó el primer heteroinjerto; pero en estos tiempos tanto homoinjertos como heteroinjertos conducían a fracasos. Y es durante la primera guerra mundial cuando se logran a empezar a obtener mayores beneficios con el uso de los mismos.<sup>29</sup> Alrededor de los años treinta autores como Tavernier reportan buenos resultados con el uso de éstos.<sup>30</sup> Existe entonces el entusiasmo por algunos médicos como Sanders (1942), Bjorksten (1948), Brooks (1955) para el empleo de los injertos y Seddon (1947, 1954), también llega a la conclusión de que "es evidente en la actualidad que si se cumplen determinadas condiciones el injerto autólogo de nervio puede ofrecer resultados no inferiores a los obtenidos tras una sutura bien ejecutada".

Sin embargo algunos autores como Brown en 1970 y Omer en 1974 señalan resultados inconstantes y a veces desalentadores con el uso de injertos de nervios. Pero con la mejoría de las técnicas microquirúrgicas renace el entusiasmo de personas como Millesi (1977, 1984), Terzís JK (1977), Narakas (1978, 1984), Bonney (1984), Sedel (1982), Kline y Judice (1983), Alnot (1984) y otros quienes han dado a conocer a través de sus publicaciones los beneficios que han obtenido con el uso de injertos. En 1956 Campbell, Bassett, Girado, Seymour y Rossi inician el uso de tubos sintéticos para "vencer los espacios" -

entre los nervios dañados pensando que esto tiene mejores resultados debido a que "la regeneración de axones dañados a través de un injerto autólogo raramente sucede cuando el diámetro es mayor de 2 mm"<sup>29</sup>. En la actualidad el uso de estos tubos sintéticos genera discusión y algunos autores aún los utilizan mientras otros no lo hacen; los resultados obtenidos con ellos son variables.

Otra aportación al manejo quirúrgico de las lesiones de los nervios periféricos es la transferencia neural ya en 1920 Vulpis y Stoffel y Foerster en 1929 la emplearon pero con malos resultados; se tienen reportes que en 1940 Lurje (Rusia) aplicó estas técnicas en la parálisis de Erb<sup>25</sup>. Pero fué Yeoman trabajando con Seddon quien tuvo la idea de efectuar transferencia neural cuando las avulsiones radiculares estuvieran presentes usando para tal propósito nervios intercostales; así que fué Seddon en 1963 quien realizó la primera anastomosis uniendo los nervios musculocutáneo e intercostales con un injerto autógeno libre con lo que obtuvo alguna recuperación en los flexores del codo<sup>25</sup>.

Sin embargo en esa época los perspectivas de recuperación no se consideraban lo bastante buenas para justificar el seguir tal procedimiento; a partir de ello y con la mejoría de las técnicas quirúrgicas el procedimiento se continuó realizando y Tsuyama y cols. en 1869 utilizaron transferencia de nervios intercostales para

reparar plexos.

En 1973 Tsuyama y Hara anastomosaron un cable compuesto por los nervios intercostales III y IV al nervio musculocutáneo en 18 ocasiones con buenos resultados<sup>33</sup>. En 1971 y 1973 Kotani y cols. son los primeros en realizar la transferencia del nervio accesorio (Porción externa del nervio espinal) al musculocutáneo<sup>25, 33</sup>. Este último procedimiento también ha sido realizado por Allieu Privat y Bonnel desde 1974 con resultados regulares. En 1979 Brunelli agrega a estos procedimientos la transferencia de los ramos anteriores del plexo cervical. Otros autores como Celli, Merle, Millesi, Narakas y Sedel, - junto con otros pioneros en la microcirugía del plexo branquial generalmente utilizan la transferencia neural. En los países que cuentan con el material y equipo apropiado las técnicas se han mejorado y en la actualidad se están llevando a cabo estas complicadas reparaciones en número cada vez mayor<sup>25</sup>.

MORRISON en un trabajo (1938) sobre parálisis - braquial en lactantes y niños fué el primero en sugerir que una respuesta eritematosa cutánea positiva en un área denervada era signo de afectación central respecto al ganglio de la raíz posterior<sup>33</sup>. El significado de ésta observación pasó desapercibido pero Bonney (1954, - 1959) dejó bien establecido el valor de los reflejos

axonales para determinar si la lesión tenía una localización central o periférica respecto al ganglio-radicular posterior 4, 9, 33.

SUNDERLAND, un médico muy dedicado al estudio de las lesiones de los nervios periféricos ha analizado en forma muy detallada el mecanismo de la avulsión de raíces en las lesiones del plexo braquial (1974) 32, 38.

A partir de 1947 se inicia y se reconoce la importancia de la mielografía como medida diagnóstica en la avulsión de raíces del plexo braquial; en ese año MURPHEY y cols. reportan un caso en el que son reportados meningoceles en la mielografía; el paciente al que ellos estudiaron tenía un cuadro clínico compatible con avulsión de raíces C7-C8 y T1 y se le realizó el estudio para determinar la causa de dolor braquial crónico; se observó que el medio de contraste penetraba a los meningoceles a nivel de las raíces correspondientes 9, 33. Desde entonces este estudio se ha convertido en un procedimiento de gran valor diagnóstico para confirmar o excluir una avulsión radicular.

En 1954 White y Hanelin reportan otros 3 casos mostrando también meningoceles en la mielografía. En ese mismo año Tarlov y Day consideran que una lesión intraspinal puede ser distinguida de una extraespinal por medio de la mielografía; ellos fueron más allá que Murphey

y cols. en establecer que la asimetría o ausencia de los sacos axilares era también diagnóstico de lesión intraespinal<sup>9, 40</sup>. Más tarde Davies (1966) resume los hallazgos mielográficos más importantes en la avulsión radicular del plexo braquial<sup>11</sup>.

Yeoman en 1968 demostró el valor de la mielografía y el pronóstico en las lesiones del plexo braquial. El notó una correlación entre los pseudomeningoceles vistos en la mielografía y la presencia de una respuesta axonal positiva a la histamina en la raíz dañada en el nivel del pseudomeningocele; sin embargo puntualizó que el hallazgo mielográfico debe ser bien correlacionado con el cuadro clínico y otros procedimientos diagnósticos ante el hecho de que se pueden encontrar falsas negativas y falsas positivas en dicho estudio<sup>28, 40</sup>.

En 1969 Warren y cols. enfatizan la utilidad de los potenciales avocados sensoriales para diferenciar una lesión preganglionar de una post-ganglionar y en ese mismo año Bufalini y Pescatori demuestran la utilidad de la electromiografía cervical paraespinal para también poder distinguir entre ambos tipos de lesiones<sup>3, 37</sup>.

En 1970 Zalis y asociados describen el valor de los potenciales evocados sensoriales combinados con potenciales evocados somatosensoriales del cerebro en la localización de lesiones<sup>41</sup>.

Posterior a este autor otros se han distinguido en el campo de la Neurofisiología en lo referente a lesiones del plexo braquial como LANDI quien junto con Cope-land, Wyn Parry y SJ Jones en 1980 efectúan durante la cirugía registros de conducción nerviosa y potenciales evocados somatosensoriales; tales registros han servido para determinar en el momento de la cirugía que procedimiento quirúrgico es el que puede ser de mayor beneficio para el paciente<sup>16</sup>. Por éstas fechas se empieza a dar valor a la presencia de la onda F y el reflejo H como ayuda diagnóstica en las afecciones del plexo braquial<sup>15, 30, 34</sup>  
34

Posterior a los estudios de Landi han surgido otros similares como lo es el registro de los potenciales evocados musculares paravertebrales transoperatorios por Celli, Rovest y G de Luise en 1983<sup>7</sup>. Una contribución similar es la de Kondo, Matsuda y cols. en 1885 al registrar en el transoperatorio potenciales de acción de tipo motor en el plexo braquial y en nervios más periféricos mediante la estimulación transcraneal en el área motora contralateral y de esta manera evaluar el grado de daño de la función motora<sup>17</sup>.

Otros autores como Synek, Sugioka, Yiannikas y otros también han contribuido con estudios de Neurofisiología al respecto realizando a veces modificaciones de los mismos de una manera muy útil en los últimos años<sup>15, 34</sup>.

## ANATOMIA DEL PLEXO BRAQUIAL

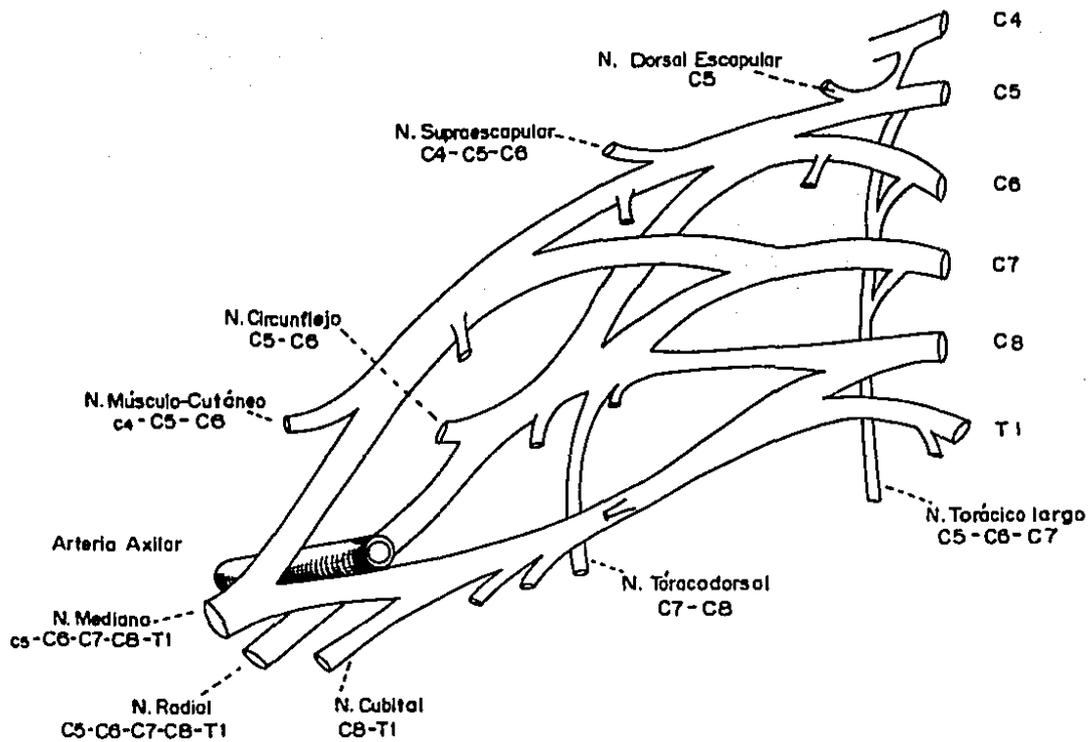
Los nervios espinales C5, C6, C7, C8 y T1 forman el plexo braquial, el cual tiene forma de un triángulo, cuya base corresponde a las cuatro últimas vértebras cervicales y a la primera vértebra dorsal y el vértice a la región axilar. Este plexo contiene fibras motoras sensoriales y simpáticas; las primeras salen del cordón espinal por medio de la raíz anterior, las segundas por la raíz posterior, mientras que las fibras simpáticas se unen a los nervios espinales por medio de los ramos comunicantes 9, 33 .

Los nervios espinales se dividen después de su salida del forámen intervertebral en un ramo posterior y uno anterior. El ramo posterior inerva la piel y músculos del área paraespinal posterior del cuello y del tronco y los ramos anteriores se unen para formar el plexo braquial. Estos nervios se combinan para formar tres troncos primarios que emergen dentro de la fosa supraclavicular pasando

por detrás del músculo escaleno anterior. Antes de la formación de estos troncos se originan varias ramas, las cuales tienen mucha importancia diagnóstica y pronóstica en relación a las alteraciones del plexo braquial. Y así C5 contribuye a la formación del nervio frénico y a su vez da origen al nervio escapular dorsal el cual inerva al elevador de la escápula y a los romboides; C6 da origen a un ramo nervioso destinado a la parte superior del músculo subescapular; C5, C6, y C7 forman el nervio torácico largo el cual inerva al músculo serrato anterior.

El tronco superior está formado por la unión de C5 y C6 y da origen al nervio del músculo subclavio y al nervio supraescapular que alcanza e inerva a los músculos supra e infraespinoso. El tronco medio es continuación de C7. El tronco inferior está formado por la unión de C8 y T1; éstos dos últimos troncos no dan ramas colaterales de importancia. Los troncos primarios se dividen después en un ramo anterior y otro posterior que se combinan para formar los cordones del plexo que pasan bajo la clavícula. El cordón lateral se forma de las divisiones anteriores del tronco superior y medio y da origen al nervio pectoral lateral destinado al músculo pectoral mayor y después se divide en el nervio musculocutáneo y la porción externa del nervio mediano. El cordón medial se deriva de la división anterior del tronco inferior y da origen

al nervio pectorial medial destinado a los músculos pectoral menor y mayor. Los nervios cutáneos mediales para el brazo y antebrazo salen del cordón medial antes de que éste se divida en el nervio cubital y la porción interna del nervio mediano. Las divisiones posteriores de todos los troncos primarios se unen para formar el cordón posterior, el cual da origen al nervio destinado a la porción inferior del músculo subescapular, así como al nervio toracodorsal o nervio del dorsal ancho destinado al músculo dorsal ancho, así como otro ramo destinado al músculo redondo mayor. Finalmente el cordón posterior termina en la axila originando el nervio radial y el nervio circunflejo (este último conocido por algunos autores como nervio axilar) 8, 9, 22, 27, 33.



Esquema 1. Anatomía del Plexo Braquial.

PREFIJACION Y POSTFIJACION  
DEL PLEXO BRAQUIAL.

El plexo prefijado es aquél en el que existe - contribución de el 4<sup>o</sup> y al 6<sup>o</sup> nervio cervical entrando a formar parte de la constitución del plexo. Y un plexo postfijado es aquel en el que existe participación de el 2<sup>o</sup> nervio torácico.

Se ha encontrado mediante la disección en humanos que es más frecuente la prefijación que postfijación<sup>33</sup>.

Estas variantes anatómicas de los métodos indirectos de localización de las lesiones en las raíces tales como la mielografía y reflejos axonales que algunas veces dan resultados distintos de los encontrados en el exámen clínico neurológico 28, 33.



## ME DI OS DE P R O T E C C I O N D E L P L E X O B R A Q U I A L

El plexo braquial tiene forma de diamante y la estructura de sus fascículos es plexiforme lo que le permite resistir considerable tracción por dispersión de fuerzas y un factor más que contribuye a su protección es la resistencia y elasticidad de sus fascículos<sup>38</sup>.

El punto de anclaje de las raíces C5/6/7 está en el forámen intervertebral en donde la duramadre es adherente a través de un ligamento a la apófisis transversa y tal ligamento no existe generalmente para C8 y T1 y el punto de anclaje para éstas raíces está en la médula es pinal y ello explica que las lesiones de avulsión sean más comunes a nivel de C8 y T1. Con las lesiones por tracción las primeras estructuras en ser dañadas son los vasos sanguíneos, la fascia y tejido conectivo y al final las raíces nerviosas; éstas carecen de la fuerza de tensión de los nervios periféricos y son más propensas a

ser rasgadas que ellos a causa de que las fibras nerviosas en la raíz están ordenadas en haces paralelos y tienen menor tejido de colágena que actúe como protección. No hay tejido conectivo epineural y perineural (Sunderland 1974) 32,333, 38. Además hay una distancia muy corta entre la salida de la raíz desde el cordón y su punto de entrada al forámen intervertebral lo que también la hace vulnerable.

La fuerte inclinación hacia abajo de las raíces cervicales superiores las hace menos vulnerables a la tracción que a C8 y T1 que emergen casi horizontalmente del forámen intervertebral; las raíces superiores son casi dos veces más largas que las inferiores y esto hace otra vez que ellas sean menos vulnerables a la fuerza de tracción.

Las raíces posteriores son menos susceptibles a la tracción que las raíces anteriores a causa de que a diferencia de estas últimas tienen un grueso ligamento - por el que se adhieren a la médula espinal y de aquí el ocasional caso de parálisis motora sin pérdida de sensación. La tracción de las fibras de las raíces posteriores dispersa la fuerza sobre la sinápsis en el cordón mientras que en las raíces anteriores la fuerza es dirigida a las células nerviosas (Sunderland, 1974) 32.

Sin embargo los factores que protegen al plexo pueden resultar incapaces de presentar resistencia ante una fuerza violenta, súbita y rápida y se puede poner así en peligro la integridad de las raíces y nervios espinales<sup>33</sup>.

Fundamentalmente hay 3 caminos por los que el plexo braquial puede resultar dañado: 1.- Los nervios pueden presentar disrupción dentro de sus vainas intactas para tal vez permitir regeneración espontánea a la proporción usual de 1 mm. por día. 2.- Las raíces nerviosas pueden ser rotas entre sus dos puntos de anclaje, el forámen intervertebral y la fascia clavipectoral. 3.- Las raíces pueden ser avulsionadas directamente desde el cordón.

Varias combinaciones de estas posibilidades pueden existir y presentar un reto diagnóstico<sup>13, 33, 38</sup>.



## ~~El~~ DIAGNOSTICO

### DATOS CLINICOS,

Establecer la naturaleza, extensión y nivel de una lesión del plexo braquial es muy importante para determinar el tratamiento y pronóstico. Después de una lesión aguda del plexo puede haber un periodo transitorio de completa parálisis de la extremidad superior que puede durar de horas a días; después que esto ha pasado es posible evaluar mejor la lesión clínicamente. La cuestión más importante es conocer si existe una lesión preganglionar, ya que si las raíces fueron avulsionadas de la médula espinal esto será de graves consecuencias para la función de la extremidad. De acuerdo a lo ya expuesto la raíz C5 contribuye a la formación del nervio frénico y junto con el nervio escapular dorsal y el nervio torácico largo abandonan al nervio espinal justo después de su salida del forámen intervertebral; por lo tanto una lesión preganglionar incluye parálisis del diafragma, del romboides y del músculo serrato anterior; a esto hay que

agregar la presencia de un síndrome de Horner, lesiones asociadas de la base del cuello y en el hombro y disturbios de la sensibilidad extendiéndose por encima de la clavícula y una historia de dolor en una mano anestésica 9, 28, 33, 38, 39.

Existen síndromes clínicos bien reconocidos que permiten conocer a que nivel está una lesión en el plexo braquial. La parálisis del tronco superior (Erb-Duchenne) es una lesión de C5 y C6 caracterizada por afección de abductores y rotadores externos del brazo así como de los flexores del codo y del supinador; en estos casos la extremidad se encuentra en una postura de rotación interna; la pérdida de sensación incluye la parte radial del brazo pulgar y dedo índice. Una lesión del tronco medio es fundamentalmente una lesión de C7 con afección de los extensores del codo, muñeca y dedos; la pérdida sensorial es a lo largo del dorso del antebrazo, mano y dedos índice y medio. Las lesiones del tronco inferior (Dejerine-Klumpke) tienen un patrón de daño a C8 y T1 y los músculos que resultan más afectados son los pequeños de la mano y a veces incluso los flexores largos de los dedos; con menor frecuencia se afectan los flexores largos de la muñeca; a veces se encuentra un síndrome de Horner; son frecuentes las alteraciones de la sensibilidad que afectan a la mitad interna de brazo, antebrazo y mano 9, 33.

Las lesiones del tronco superior incapacitan al hombro y al brazo, las del tronco medio a los extensores del antebrazo y mano y aquellas del tronco más inferior incapacitan al antebrazo y a la mano. Existen aún otros tres tipos de parálisis fascicular; el posterior con un déficit de los nervios radial y circunflejo; el lateral con afección del nervio musculocutáneo y de la porción lateral del mediano y el medial con lesión del nervio cubital y del segmento medio del mediano; incluyendo la afección de las ramas colaterales de estos cordones.

Casi ninguna lesión del plexo braquial resultará en una afección aislada de raíz, tronco o cordón; - más probablemente habrá varios niveles de afección. Es posible encontrar parálisis braquial completa con avulsión de todas las raíces nerviosas <sup>9, 33</sup>.

Un dato clínico interesante que debe ser mencionado en este tipo de problemas es el valor del signo de Tinel.

Al percutir sobre áreas del plexo braquial en las que se sospecha rotura, en algunos casos se producen parestesias dolorosas en el territorio de esa raíz; esto para algunos autores es de signo de buen pronóstico e indica probabilidad de regeneración; el signo tiene más valor si pasado determinado tiempo las parestesias que se produjeron inicialmente se han desplazado más distalmente; estos datos hablarían más a favor de una lesión

post-ganglionar. Sin embargo el método no es totalmente confiable a causa de que estas sensaciones también se pueden producir al percutir sobre una raíz avulsionada.

En ocasiones se han estimulado durante la cirugía las raíces en donde se desencadenó este signo clínicamente y no se ha logrado obtener respuesta evocada somatosensorial.

Por lo expuesto anteriormente, se debe valorar con mucha precaución al paciente cuando encontramos presente este signo ya que no siempre habla de un buen pronóstico 15, 38.

### EXAMEN DE LOS REFLEJOS AXONALES.

La clave para el diagnóstico de lesión preganglionar es demostrar la integridad de los axones sensoriales. Bonney en 1954 observó en los pacientes con lesiones del plexo braquial de tipo preganglionar después de administrarles histamina en una piel anestésica, una triple respuesta manifestada inicialmente por vasodilatación, después por una roncha y luego por más vasodilatación. En una lesión preganglionar los axones sensoriales deben estar preservados y por ello originan esta respuesta tras la inyección de histamina. Si existe una lesión postganglionar la respuesta a la histamina no se presenta y habla de un pronóstico algo mejor. Esta prueba

puede ser usada tres semanas después de la lesión, cuando la degeneración Walleriana de la porción más distal habrá ocurrido y los resultados serán más confiables<sup>4, 9, 18, 33, 38</sup>

### EXAMEN RADIOLOGICO

Las radiografías simples de la columna cervical pueden mostrar fractura de las apófisis transversas inferiores, colapso o estallamiento de un cuerpo vertebral y la evidencia de inclinación de la columna cervical por flexión extrema; también mediante las radiografías simples es posible encontrar fractura de los primeros arcos costales. Estos datos son muy sugerentes de lesión de las raíces y nervios espinales<sup>33</sup>.

La Mielografía es un estudio de gran ayuda para el diagnóstico y a la vez de mucho valor pronóstico en los pacientes con avulsión radicular; el medio de contraste habitualmente usado ha sido uno liposoluble pero a últimas fechas se ha empezado a usar el medio hidrosoluble como lo es la metrizamida<sup>1</sup>.

Las alteraciones mielográficas más importantes en la avulsión radicular fueron resumidas por DAVIES en 1966 así: presencia de un meningocele, obliteración de la bolsa radicular, exageración del tamaño de la bolsa dural obliteración parcial o completa de las bolsas dures o acumulación quística de el líquido cefalorraquídeo

en el conducto raquídeo. Sin embargo se señaló el punto que la avulsión puede existir en ausencia de alteraciones mielográficas. El hallazgo de dos o más meningoceles definitivamente llevan a un más pronóstico e indican que al menos una o dos raíces están avulsionadas 11, 15, 28, 33, 38, 40

A pesar de esta observación un pequeño porcentaje de raíces asociadas con tales alteraciones mielográficas son todavía capaces de presentar regeneración espontánea y/o de reparación quirúrgica con subsecuente regeneración; Sin embargo debe admitirse que esto es poco frecuente 15, 28

La tomografía computada con o sin metrizamida en el espacio subaracnoideo permite hacer cortes transversales a través de varios niveles de la columna cervical, particularmente en el forámen intervertebral donde las raíces abandonan el cordón espinal; este estudio ha proporcionado datos de gran interés sobre todo cuando los meningoceles están presentes en conjunción con lesiones de tracción a la raíz; este estudio en manos experimentadas puede dar datos de gran valor como para igualar en seguridad a la mielografía e incluso puede llegar a superarla como método diagnóstico en estas afecciones 15

## ELECTRODIAGNOSTICO.

Son de gran utilidad este tipo de estudios tanto para contribuir al diagnóstico como para dar datos en relación al pronóstico e incluyen los que a continuación se describen.

Estudios de conducción motora y electromiografía: pocos días después de una lesión, una neuropraxia puede ser distinguida de una afección degenerativa. La respuesta muscular evocada estará preservada en una lesión no degenerativa a pesar de que clínicamente exista ausencia o escaso movimiento en la extremidad afectada. La respuesta muscular evocada estará disminuida o ausente en una lesión degenerativa. Varias semanas después de la lesión los potenciales de acción muscular son substituidos por potenciales de fibrilación, típicos de desnervación; generalmente dos o tres semanas después de la lesión ya pueden ser detectados 9, 33, 34, 38.

El estado del músculo serrato anterior inervado a partir de C5, C6 y C7 puede determinarse por electromiografía y ésta información proporcionar una clave para el nivel de la lesión 33.

A causa de que los ramos nerviosos destinados a los músculos para vertebrales cervicales posteriores

nacen inmediatamente después de que el nervio espinal sale del forámen intervertebral, el hecho de encontrar potenciales de fibrilación, típicos de deservación en estos músculos será indicación de que la lesión es pre ganglionar (BUFALINI y PESCATORI 1969). El inconveniente de este estudio es que no localiza el nivel de la lesión pero tiene gran importancia diagnóstica y pronóstica 3, 28, 34, 38

Estudios de conducción sensitiva: son de gran importancia. Warren y col. (1969) han señalado el valor del potencial evocado sensorial para distinguir una lesión preganglionar de una postganglionar. En una lesión preganglionar los axones sensoriales estarán intactos y se podrá obtener un potencial sensorial a pesar de existir anestesia en el dermatoma afectado; el hallazgo de un potencial de este tipo por muy pequeño que sea es muy sugerente de una lesión preganglionar 34, 37, 38

ZALTS y col. (1970) realizan a la vez estudios de potenciales evocados sensoriales y potenciales evocados somatosensoriales registrando estos últimos en la corteza centroparietal contralateral; si hay lesión pre ganglionar los potenciales evocados sensoriales estarán presentes, pero no se registrarán los segundos a causa de que la raíz dorsal no está conectada con el cordón espinal 9, 33, 41

La experiencia de varios autores interesados en el tema concluye que el registro de los potenciales de acción sensorial constituyen uno de los datos más confiables de lesión intraespinal preganglionar.

Quizás el aspecto de la Neurofisiología de mayor interés práctico es el registro de los potenciales evocados durante la cirugía (Landi 1980, Celli, 1983, Kondo 1985) ya que permite conocer las condiciones funcionales reales de las estructuras neurales y nos hace saber que grado de regeneración habrá entre una lesión u otra y ello a la vez nos orientará cual es el procedimiento quirúrgico más adecuado 7, 16, 17.

El reflejo H y la onda F han sido usados para evaluar este tipo de lesiones; el primero puede ser usado para evaluar la raíz de C6 pero requiere que las fibras aferentes sensoriales y motoras permanezcan intactas por lo que para serias lesiones del plexo braquial da poca información; la latencia de la onda F también no es tan útil para este tipo de problemas. Son estudios de poco valor al momento actual pero hay que mencionarlos porque es probable que en un futuro su beneficio sea mayor 15, 30, 34.

La EMG también puede ser usada para detectar re-inervación en las porciones lesionadas del plexo braquial la presencia de potenciales de acción muscular puede

preceder por varias semanas a los signos clínicos de re-  
cuperación 9, 34, 38.



## VII: TRATAMIENTO

Cuando es el momento ideal para llevar a cabo alguna intervención quirúrgica es motivo de discusión y a la mayor parte de las veces estará condicionado a lo que haya originado la lesión.

Los elementos parcialmente dañados con lesión incompleta usualmente mejoran con el tiempo y sin cirugía a menos que se halle complicado por un efecto comprensivo como fibrosis, aneurisma, callo hiperabundante, coágulo, etc. En el otro extremo los elementos lesionados completamente usualmente no mejoran con el tiempo y a menudo requieren cirugía. Dado que las lesiones del plexo braquial usualmente involucran varios elementos - provocando trastornos mixtos completa o incompletamente lesionados la cirugía será requerida a menos que los elementos dañados mejoren espontáneamente <sup>10, 14, 15</sup>.

La cirugía temprana debe de realizarse - cuando el mecanismo de lesión haya sido producido por un objeto agudo penetrante, el cual genere una herida limpia y en

donde se sospeche que puede existir sección del nervio 14, 33.

Un retardo de varios meses antes de la cirugía puede estar indicado para aquellos pacientes sospechosos de presentar lesiones en continuidad a menos que estén complicados por factores compresivos 9, 13, 14, 21, 33. El intervalo preoperatorio puede ser bien crítico. Por ejemplo, el mejor momento para las lesiones por proyectiles es de 2 a 4 meses, mientras que para las lesiones por tracción que son menos focales pero usualmente aún en continuidad es de 4 a 5 meses, aunque algunos autores han recomendado una espera hasta de 9 meses 14, 15, 24, 28, 30, 31, 33.

Definitivamente si la mejoría clínica y electromiográfica no se ha presentado para el tiempo esperado, el nervio debe ser explorado 30, 33, 38.

Es muy importante la estimulación eléctrica transoperatoria para saber si los nervios conducen o no; pero es aún más importante el registro de potenciales evocados durante la cirugía ya que ello nos informará en forma más precisa el tipo de lesión y determinará el manejo quirúrgico 7, 15, 16, 17, 33, 41.

La conducta quirúrgica cambiará de un caso a otro ya que con una lesión predominantemente axonotmética puede ser que sólo baste con un procedimiento de

neurólisis, la cual deberá de ser realizada bajo magnificación con microscopio y por cirujanos con experiencia 13, 14, 22, 27, 30, 31, 33

Cuando existe una lesión neurotómica la reacción y algún tipo de reparación es necesaria. Cuando la reparación es necesaria debe de preferirse la anastomosis termi-terminal; si esto no es posible a causa de existir mucha tensión en la sutura el injerto de nervio autólogo mediante técnica epineural o interfascicular está indicado 14, 19, 27, 30, 33, 35

Los injertos autólogos de pequeño calibre han sido recomendados ya que obtienen un flujo sanguíneo más fácilmente que los grandes y por lo tanto su posibilidad de sobrevivir es mayor; estos injertos son proporcionados por el sural, cutáneo antebraquial y por el radial superficial 14, 29, 33.

El argumento de que los resultados con injertos son superiores a aquellos obtenidos por reparación termi-noterminal epineural, no ha sido sostenido por los estudios de experimentación; sin embargo está claro de tales estudios así como de la experiencia de algunos autores que tales injertos especialmente si son cortos sobreviven y son capaces de efectuar regeneración funcional útil.

Cuando existe entre los muñones un amplio espacio, cuando hay un extenso daño proximal y un medio ambiente inadecuado no es de sorprender que los resultados después de haber colocado un injerto neural de gran longitud defrauden. El desarrollo del injerto vascularizado del nervio cubital realizado por Bonney y Jamieson en 1976 es una importante contribución para el manejo de este problema <sup>4</sup>. Para esto, el nervio cubital podrá únicamente ser tomado si las raíces que lo forman han sufrido daño irreparable. Bonney y Jamieson en su trabajo original recomiendan tomar el pedículo entero del nervio cubital junto con la arteria cubital y sus venas satélites; es posible extender hasta 50 cms. del nervio por encima del codo y ser de esta manera utilizado como injerto - entre muñones de otros nervios lesionados; la anastomosis vascular es efectuada antes que la sutura neural y los vasos cervicales transversos han sido los más usados para este fin; el nervio puede dividirse en varias porciones para ser unido no a uno sino a varios sitios si es necesario; este procedimiento es muy laborioso y los resultados a largo plazo aún no han sido bien valorados; es necesario hacer mayor experiencia con él; es una cirugía que que en un futuro puede dar mejores resultados.

Otro auxiliar para estos problemas es el uso de tubos de Silastic colocados entre ambos muñones neurales cuya finalidad es guiar adecuadamente el crecimiento axonal; el uso de este procedimiento aún no es generalizado 20, 29, 22.

Las lesiones del plexo braquial más severas son las que corresponden a la avulsión de raíces nerviosas desde el cordón espinal. En tales casos la reparación quirúrgica no es posible y es una de las indicaciones principales para realizar transferencia de nervios 25, 30 31, 33.

Utilizando otros elementos nerviosos que no forman parte del plexo braquial éste puede llegar a ser conectado nuevamente con el cordón espinal. Para ello se han utilizado los nervios intercostales, el plexo cervical y el nervio accesorio, siendo los sitios receptores habitualmente el nervio músculocutáneo o el nervio cingulo; en ocasiones habrá de ser necesario interponer injerto sural entre el nervio a transferir y el nervio receptor.

Los resultados obtenidos con la transferencia neural generalmente son pobres y pueden quedar limitados a flexión del codo o abducción del hombro, pero por ahora

es el único tipo de cirugía disponible en la avulsión radical para restablecer cierto grado de función aunque ésta sea mínima. Aunque los resultados hasta ahora sólo representan una modesta mejoría son esperanzadores en cuanto al futuro 15, 24, 30, 33.

La cuestión de la amputación, artrodesis, aplicación de prótesis, trasplante de tendones y otros métodos de cirugía reconstructiva para mejorar la función de un miembro incapacitado debe reponerse hasta que haya pasado tiempo suficiente para que se defina la extensión del daño y el significado funcional de cualquier recuperación espontánea o posterior a reparación quirúrgica<sup>33</sup>.

Y así tenemos que en determinadas ocasiones será posible obtener alguna mejoría en el movimiento tras la artrodesis del hombro en aquellos pacientes que tienen preservada función de los músculos toracoescapulares<sup>33, 38</sup>.

Se ha discutido mucho acerca de efectuar o no la amputación en la extremidad totalmente inmóvil que en nada beneficia al paciente y que a veces sólo es un obstáculo y algunos autores como Yeoman y Seddon abogaron por ella para ser seguida por artrodesis y rehabilitación en el hombro; otros autores como Malone se inclinan por la amputación y prótesis postoperatoria inmediata.

Rorabeck (1980) ha comparado los resultados obtenidos tras amputación y prótesis postoperatoria y de amputación seguida de artrodesis y rehabilitación y ha observado que después de usar el primer manejo las posibilidades para el paciente de retornar a un empleo parecen aumentar.<sup>28</sup> La conducta y resultados en relación a esto último han sido motivo de discusión<sup>33, 38</sup>.

Algunos procedimientos de cirugía reconstructiva pueden lograr movimientos de rotación externa - del hombro movimientos de flexión y extensión del codo, etc. mediante transferencia de tendones y de músculos - como el pectoral mayor, pectoral menor, dorsal ancho y otros. Aunque los resultados obtenidos con estos procedimientos pueden ser pobres es muy útil tenerlos en consideración porque a veces serán de los últimos recursos con que se pueden contar.<sup>23, 33</sup>

Una medida que puede resultar de gran beneficio a estos pacientes es la rehabilitación y a ella deberán de ser enviados cuando se considere necesario.<sup>38</sup>

Un adjunto en el tratamiento de estos pacientes es el uso de la férula funcional. El grupo Roehampton (Fletcher, 1969) fué el primero en usarla para la extremidad inmóvil, pero sus primeras experiencias fueron decepcionantes.

nantes. Pero ahora con la mejora de los materiales de construcción y la mejor aplicación de las mismas los resultados son mejores; se encuentran disponibles tres tamaños, fáciles y rápidas de adaptar e incluyen un soporte para el hombro, uno para el codo y otro para la muñeca; un dispositivo en el hombro contralateral permite el manejo de la férula; nunca de la función con éste dispositivo puede ser mejorada. El uso de la férula funcional en donde se dispone de ella a contribuido a que la adaptación en estos pacientes llegue a ser excepcional.

Si un paciente es candidato a intervención quirúrgica es recomendable esperar un tiempo para conocer los resultados; también es imprudente prescribir la férula tempranamente; es importante para ello conocer antes el grado de recuperación espontánea o postoperatoria que tendrá el paciente. Los mejores resultados con la férula funcional se obtienen si su uso se inicia dentro de los primeros meses posteriores a la lesión, si sus indicaciones son correctas <sup>38</sup>.

Debe de mencionarse que uno de los problemas muy serios con los que puede cursar este tipo de pacientes - con avulsión radicular es la presencia de dolor en su extremidad inmóvil e insensible; dolor que puede llegar a ser intratable. El DREZ (lesión en la zona de entrada de la raíz dorsal) parece efectivo para el control de este

tipo de dolor, aunque puede traer algo de riesgo de disfunción de la médula espinal<sup>36</sup>. Sin embargo antes de este procedimiento debe de instituirse un manejo vigoroso a base de fármacos o por el uso de estimulación eléctrica transcutánea con lo cual se puede presentar mejoría, - sobre todo con el último manejo<sup>38, 39</sup>.



## BILMATERIAL Y METODOS

Durante el periodo de 1982 a 1986, 11 pacientes fueron estudiados y operados de lesiones post-traumáticas del plexo braquial en el Departamento de Neurocirugía del Hospital de Especialidades del Centro Médico "La Raza" - del I.M.S.S. El promedio del periodo de seguimiento fué de 14 meses.

El plexo braquial izquierdo resultó afectado en 7 casos y el derecho en los 4 restantes.

### CAUSAS DE LA LESION:

En 5 de ellos intervino un accidente de tráfico otros 4 fueron por lesiones abiertas, siendo tres de ellas producidas por objetos punzocortantes y la otra por proyectil de arma de fuego; las otras dos se produjeron por caídas. La etiología en nuestros 11 casos aparece en la Tabla I.

### LESIONES ASOCIADAS:

En 8 pacientes la lesión del plexo braquial no fué la única. Dos de ellos presentaron fractura de clavícula, uno fractura de escápula, otro fractura de cúbito, radio, de arcos costales, así como de apófisis transversas

y otro subluxación acromioclavicular izquierda. Uno presentó rotura de la arteria axilar izquierda y otra lesión de la arteria humeral derecha, junto con la arteria humeral profunda y la vena axilar derecha; de estos el primero fué manejado urgentemente y el segundo en forma secundaria, ambos con injerto venoso autólogo.

#### ESTUDIOS PREOPERATORIOS:

A todos los pacientes se les efectuó estudio neurológico completo, encontrándose cuatro parálisis completas y siete parálisis parciales, cuyos resultados aparecen en la tabla II. En el primer caso se presentó déficit neurológico completo desde C5 a T1; las parálisis parciales incluyeron aquellos casos en que al menos un grupo muscular ya fuera del hombro, brazo, antebrazo o mano presentara movimiento activo.

La Mielografía fué realizada en 6 de los pacientes y los estudios de Neurofisiología a 9 de ellos (tabla III).

**T a b l a I. TRATAMIENTO QUIRURGICO DE LAS LESIONES DEL PLEXO  
BRAQUIAL. ETIOLOGIA DE LOS 11 CASOS DE LESIONES  
POST-TRAUMATICAS DEL PLEXO BRAQUIAL.**

---

A.- LESIONES ABIERTAS	4
B.- LESIONES CERRADAS POR TRACCION	
1.- Accidentes de tráfico	
A.- En automóvil	3
B.- En bicicleta	1
2.- Otros	
A.- Caídas	2
C.- LESIONES CERRADAS POR COMPRESION OSEA	1
Total	<u>11</u>

---

T a b l a II. TRATAMIENTO QUIRURGICO DE LAS LESIONES DEL PLEXO BRAQUIAL.

REPORTE DE LOS 11 CASOS DE LESIONES POST-TRAUMATICAS DEL

PLEXO BRAQUIAL.

CASO	SEXO/EDAD	MECANISMO DE LESION	E X P L O R A C I O N	
			MOTILIDAD	F I S I C A SENSIBILIDAD
1	M/34	Objeto punzocortante	Parálisis de C5 a T1 derecho con predominio de C7 a T1	Hiperestesia de C5 a T1
2	M/28	Automóvil	Parálisis aparcial de C5 a C6 izquierdo	Hiperestesia de C4 a C8
3	F/21	Proyectil de arma de FUEGO	Parálisis de C5 a T1 derecho con predominio de C7 a T1	Hipoestesia de C8 a T1
4	M/17	Automóvil	Parálisis de C5 a T1 izquierdo. Predominio de C6 a T1	Analgesia de C5 a T1
5	F/59	Caída	Parálisis de C5 a T1 derecho predominio C5/6/7	Hiperestesia de C5 a T1
6	M/24	Automóvil	Parálisis total de C5 a T1 izquierdo	Anestesia de C5 a T1

T a b l a II. TRATAMIENTO QUIRURGICO DE LAS LESIONES DEL PLEXO BRAQUIAL  
 REPORTE DE LOS 11 CASOS DE LESIONES POST-TRAUMATICAS DEL  
 PLEXO BRAQUIAL.

CASO	SEXO/EDAD	MECANISMO DE LESION	EXPLORACION	
			MOTILIDAD	FISICA SENSIBILIDAD
7	M/20	Bicicleta	Parálisis total de C5 a TI izquierdo	Anestesia de C5 a TI
8	M/38	Automóvil	Parálisis total de C5 a TI izquierdo	Anestesia de C5 a TI
9	M/28	Objeto punzocortante	Parálisis total de C5 a TI derecho	Anestesia de C5 a TI
10	M/25	Caída	Parálisis parcial de C5/6/7 izquierdo	Hipoalgesia de C5 a C7
11	M/19	Objeto punzocortante	Parálisis de C5 a TI izquierdo. Predominio de C5 a TI	Hipoalgesia de C5 y C6 Analgesia en C7, C8 y TI

T a b l a III. TRATAMIENTO QUIRURGICO DE LAS LESIONES DEL PLEXO BRAQUIAL.

ESTUDIOS PREOPERATORIOS.

CASO	ESTUDIOS NEUROFISIOLOGICOS	RADIOGRAFIAS SIMPLS	MIELOGRAFIA
1	EMG: Desnervación total de C7/8 y TI derecho	ninguna	No efectuada
2	Ninguno	Fractura de clavícula izquierda Formación hipertrófica de callo	No efectuada
3	EMG: Desnervación parcial de C7	Esquirla metálica junto al cuerpo vertebral de C6 y C7	Normal
4	EMG: Desnervación total del plexo braquial izquierdo	Ninguna	No efectuada
5	EMG: Desnervación parcial del tronco superior derecho	Fractura de clavícula derecha	Normal
6	EMG: Desnervación total del plexo braquial izquierdo	Fractura glenohumeral izquierda	Meningocele

T a b l a III. TRATAMIENTO QUIRURGICO DE LAS LESIONES DEL PLEXO BRAQUIAL  
E S T U D I O S P R E O P E R A T O R I O S

CASO	ESTUDIOS NEUROFISIOLOGICOS	RADIOGRAFIAS SIMPLES	MIELOGRAFIA
7	EMG: Desnervación total del plexo braquial izquierdo	Ninguna	Meningocele
8	EMG: Desnervación total del plexo braquial izquierdo	Fractura de apófisis tranversa izquierda, de primer y segundo arco costal izquierdo y primer arco costal derecho	Normal
9	Ninguno	Ninguna	Normal
10	EMG: Akonótmesis del circunflejo izquierdo	Subluxación acromioclavicular izquierda	No efectuada
11	PESs: lesión periférica del plexo braquial izquierdo	Ninguna	No efectuada


 EMG: ELECTROMIOGRAFIA; PESs: POTENCIALES EVOCADOS SOMATOSENSORIALES.

CIRUGIA:

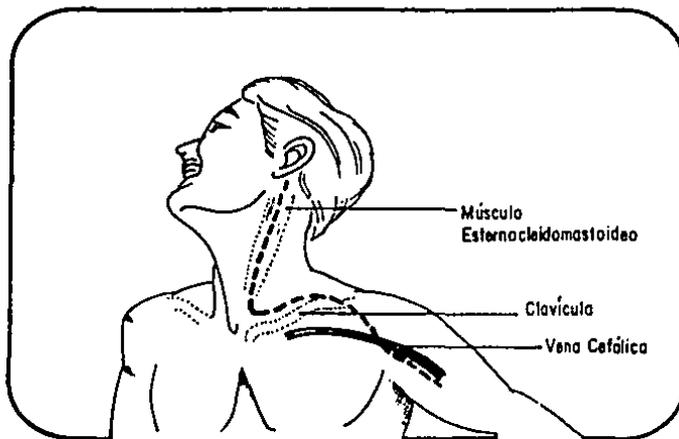
El retardo desde el momento de la lesión al momento quirúrgico varió de siete a cincuenta y seis semanas siendo el promedio de veinte y siete semanas.

TECNICA QUIRURGICA:

La anestesia general con intubación endotraqueal fué usada para asegurar una vía aérea adecuada; en todos nuestros casos para abordar el plexo braquial fué utilizada una vía anterior.

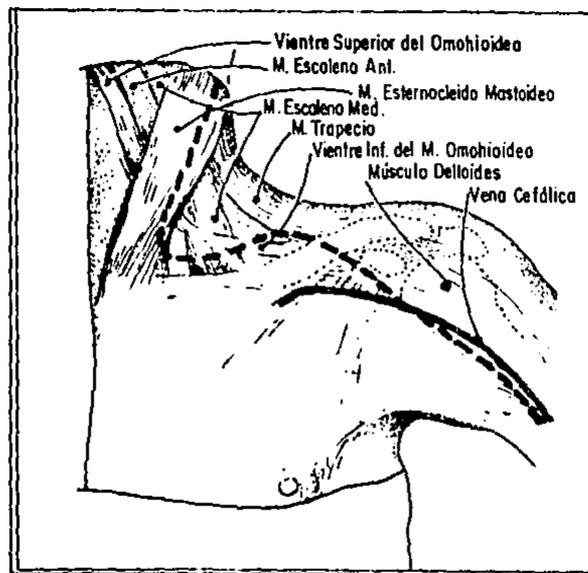
Se coloca al paciente en decúbito supino, con un bulto colocado bajo el hombro y cuello, se extiende la cabeza moderadamente y se rota al lado opuesto a la lesión el brazo, la axila, el hombro, parte superior del tórax y el cuello hasta el nivel de la oreja y mandíbula son preparados, cubriendo el antebrazo y la mano; al mismo tiempo se deja preparada una o ambas extremidades inferiores desde la parte inferior del muslo hasta el pie para obtener nervio sural si se amerita.

La incisión debe ser grande; en nuestro servicio lo que más se utiliza es la que tiene forma de "Z"<sup>9,22,30</sup>, ya que permite exposición total del plexo braquial si es necesario (véanse figuras I y II). Así se obtienen dos colgajos, uno anterior y otro posterior que nos permiten exponer una gran área y hacen innecesario el uso de



Abordaje al plexo braquial  
Puntos de referencia anatómicos.

Figura 1



Abordaje al Plexo Braquial  
Campo quirúrgico e Incisión cutánea

Figura 2

retractores; el colgajo anterior se refleja sobre el hom  
bro y el tórax y el posterior sobre el triángulo poste-  
rior del cuello.

La incisión se inicia por arriba a nivel del ángulo de la mandíbula siguiendo el margen posterior del músculo esternocleidomastoideo y corre verticalmente hacia abajo paralela el músculo hasta alcanzar la clavícula y de aquí se prolonga hacia afuera sobre el borde superior de este hueso; puede extenderse hacia abajo hasta el brazo siguiendo el surco deltopectoral a lo largo de la vena cefálica para exponer las ramas terminales del plexo braquial<sup>9, 22, 30</sup> (Figuras I y II). La parte superior de la incisión es usada para explorar las raíces y troncos del plexo desde un abordaje supraclavicular al iniciar la incisión en este sitio se encontró que a la vena yugular externa la cual puede ser ligada y seccionada para facilitar el procedimiento; el músculo omohioideo es usualmente también dividido; se retrae hacia adentro el músculo esternocleidomastoideo y se continúa la disección en el área preescalénica y se identifica al nervio frénico en la superficie del músculo escaleno anterior y es seguido hacia arriba hasta que cruza la superficie lateral del músculo (Figuras II y III); atrás de este punto está la raíz C5; C6 está más inferior más medial y su dirección es menos vertical; C7 es todavía más horizontal y más posterior y C8 y T1 están situadas más posterior y medialmente; éstas últimas tres raíces son más difíciles de exponer y se ha observado que para

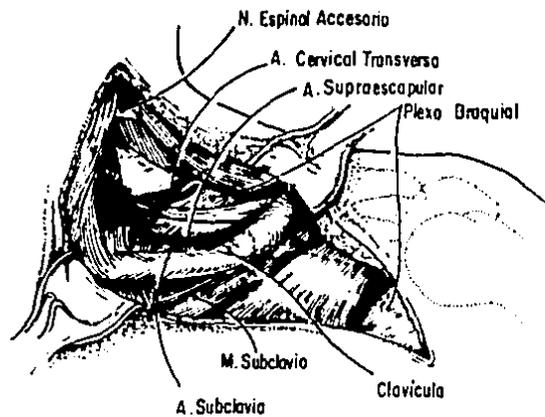
que esto sea más fácil de efectuar debe de seccionarse al músculo escaleno anterior y con ello la arteria subclavia puede ser movilizada y retraída anteriormente lo que facilita más la exposición de estas raíces 8, 9, 22, 30. Siguiendo las raíces se exponen los troncos. La exploración de los cordones y ramas terminales del plexo braquial se efectúa prolongando la incisión cutánea hacia abajo, siguiendo el surco deltopectoral llegando a la axila y a la parte superior del brazo; la mejor exposición de esas partes del plexo se logra haciendo división de la clavícula 8, 9, 14, 22, 30. Los músculos deltoides y pectoral mayor son separados y al hacer la división de este último deberá hacerse con precaución para no dañar al paquete vásculonervioso subacente; el músculo pectoral menor se identifica, se divide y se retrae hacia la pared del tórax; 3 a 5 cms. de la clavícula son removidos por división subperióstica; se divide al músculo subclavio y a la fascia vecina y así quedan expuestos cordones y ramas terminales del plexo junto con los grandes vasos de la región (fig. III y IV).

En esta serie de once pacientes que aquí se presenta se efectuó la resección de una porción de la clavícula para tener mejor exposición del plexo en seis de los casos (tabla IV).

Una vez expuesto el plexo braquial se identificó el sitio y el tipo de lesión; fué utilizada la magnificación quirúrgica mediante microscopio y la hemostasia fué cuidadosamente realizada con coagulación bipolar.

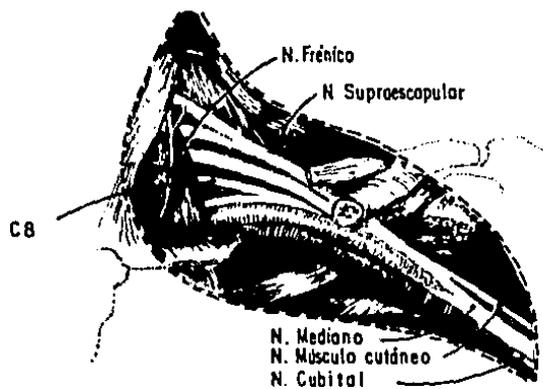
La estimulación eléctrica transoperatoria fué realizada en la mayor parte de nuestros pacientes para conocer el grado de respuesta muscular; desgraciadamente en nuestro servicio no contamos con el equipo necesario para hacer registro de potenciales evocados transoperatorios (Landi 1980, Celli 1983, Kondo 1985) como se dispone en otras unidades, con lo cual la conducta quirúrgica tal vez hubiera sido diferente, seguramente mejor orientada y por lo tanto con mejores resultados.

Los procedimientos quirúrgicos realizados a nuestros pacientes consistieron la mayor parte de las veces de neurólisis externa e interna efectuándose en 10 de ellos y a uno de estos se le realizó autoinjerto con nervio sural así como tunelización con Silastic; algunos pacientes recibieron más de un procedimiento quirúrgico como lo fué el caso previo, otro ameritó Simpatectomía, otro Escalenectomía y en uno de ellos fué necesaria la resección de callo óseo que hacía efecto compresivo sobre el plexo braquial (tabla IV).



**Abordaje al Plexo Braquial  
Triángulo posterior, clavícula y región infraclavicular**

**Figuro 3**



— Abordaje al Plexo Braquial  
La clavícula es dividida y el plexo expuesto .

Figura 4

La neurólisis fué el procedimiento más realizado debido a que la mayor parte de los pacientes presentan adherencias fibrosis, tejido cicatrizal y neuromas; fué efectuado con mucho cuidado y bajo magnificación quirúrgica para no lesionar vasos y nervios de la región que estaban la mayor parte de las veces incluidos en adherencias; después de hacer liberación de los nervios se inyectó en su interior solución salina.

Se dió el caso de algunos pacientes que por presentar avulsión de raíces, otros con alteraciones severas del plexo braquial como atrofia, adelgazamiento retracción y elongación se consideró adecuado no hacer más que neurólisis debido a que seguramente no se hubieran beneficiado con algún otro procedimiento; en uno de ellos se encontró tanto daño que se consideró innecesario recurrir siquiera a neurólisis.

Sólo en una ocasión se realizó la aplicación de injerto neural al tronco medio usando como donador al nervio sural, utilizando sutura epineural (caso 8).

Al terminar la cirugía sobre el plexo y en el caso en que la clavícula había sido removida, fué colocada nuevamente utilizando alambre; posterior a esto continúa la reconstrucción de músculos, aponeurosis, tejido célulograso y al final piel; el uso de un drenaje en el

T a b l a IV. TRATAMIENTO QUIRURGICO DE LAS LESIONES DEL PLEXO BRAQUIAL

PROCEDIMIENTOS QUIRURGICOS

INTERVALO						
CASO	LESION/CIRUGIA (en días)	ABORDAJE QUIRURGICO	SITIO AFECTADO	HALLAZGOS	PROCEDIMIENTOS	RESULTADOS
1	91	Supravlavicular	Cordón lateral, medial y poste rior	Fibrosis, adhe rencias	Neurólisis externa e interna Simpatectomía	Bueno
2	395	Supraclavicular	Cordón lateral y en menor grado porción inferior del plexo	Callo óseo. Fibrosis	Neurólisis externa Resección de callo óseo	Excelente
3	160	Supra, trans e infraclavicular	Tronco inferior y cordones	Fibrosis	Neurólisis externa e interna	Bueno
4	233	Supra, trans e infraclavicular	Tronco inferior y cordones	Firbosis, Neuro roma en continui dad	Neurólisis externa e interna	Regular

T a b l a IV. TRATAMIENTO QUIRURGICO DE LAS LESIONES DEL PLEXO BRAQUIAL.

PROCEDIMIENTOS QUIRURGICOS

CASO	INTERVALO LESION/CIRUGIA ( En días )	ABORDAJE QUIRURGICO	SITIO AFECTADO	HALLAZGOS	PROCEDIMIENTOS	RESULTADO
5	270	Supra, trans e infraclavicular	Troncos y cordo nes	Fibrosis. Adherencias	Neurólisis exter na e interna Escalenectomía	Bueno
6	180	Supra, trans e infraclavicular	Todo el plexo braquial	Neuromas. Atrofia. - Avulsión a C5 y C6	Neurólisis exter na	Malo
7	230	Supra, trans e infraclavicular	Global, menor daño a C8 y T1	Hipotrofia global	Neurólisis exter na	Malo
8	180	Supra, trans e infraclavicular	Todo el plexo braquial	Neurotmesis al tronco su perior y el cordón poste rior. Axono mesis al - tronco medio e inferior. Neuromas.	Injerto al tronco medio. Tunelización con Silastic a el cordón medial. Neu rólisis. Resección de neuromas.	Regular

T a b l a IV. TRATAMIENTO QUIRURGICO DE LAS LESIONES DEL PLEXO BRAQUIAL.  
P R O C E D I M I E N T O S   Q U I R U R G I C O S

-----						
C A S O	I N T E R V A L O LESION/CIRUGIA (en días)	ABORDAJE QUIRURGICO	SITIO AFECTADO	HALLAZGOS	PROCEDIMIENTOS	RESULTADOS
9	158	Infraclavicular	Cordones y nervios periféricos	Atrofia. Neuromas. Elongación	Exploración. Daño irreparable	Malo
10	150	Supraclavicular	Cordón posterior	Fibrosis. Neuromas	Resección de Neuroma. Neurólisis externa e interna	excelente
11	52	Infraclavicular	Cordones e inicio de nervios periféricos	Fibrosis. Adherencias	Neurólisis externa e interna	Regular
-----						

lecho quirúrgico en nuestros once pacientes fué excepcional.

Después de realizar un abordaje transclavicular se dejó inmovilizada la extremidad operada en un vendaje de Velpeau hasta que no se consideró necesario.

#### REHABILITACION:

Mes y medio a dos meses como promedio después de la cirugía los pacientes fueron enviados a una unidad de Rehabilitación, como una medida coadyuvante al manejo.



## IX. RESULTADOS

Los resultados se muestran en la tabla IV. Ya fué mencionado que a diez pacientes se les realizó neurólisis; de éstos, en ocho fué posible obtener actividad motora así como recuperación sensitiva en cuando menos dos segmentos; los dos casos que no tuvieron ninguna mejoría correspondieron a aquellos que presentaron avulsión de raíces (casos 6 y 7).

Otro de los pacientes que no presentó ninguna recuperación correspondió a aquel en donde se encontró lesión tan severa del plexo braquial que se consideró adecuado no realizar más que la exploración (caso 9).

El paciente al cual se le realizó autoinjerto, ocho meses después de la cirugía tiene movimiento de hombro y brazo y áreas de sensibilidad en el ramo posterior del radial, braquial cutáneo interno y músculo cutáneo; él antes de la cirugía presentaba una extremidad inmóvil e insensible (caso 8).

El periodo de seguimiento varió de dos meses a cuatro años.

Los resultados finales fueron los siguientes: excelentes dos casos, buenos tres, regulares tres y malos tres casos. Véase tabla V.

La morbilidad fué mínima se tuvo un paciente que por tener afección tan importante de los tejidos blandos de la axila y brazo derecho, fué necesario rotar un colgajo cutáneo para cubrir el defecto el cual más tarde sufrió necrosis (caso 9).

En nuestros once pacientes no estuvo presente ninguna defunción en lo relacionado a su afección del plexo braquial.

T a b l a V. TRATAMIENTO QUIRURGICO DE LAS  
LESIONES DEL PLEXO BRAQUIAL.  
CRITERIOS DE EVALUACION

---

Excelente	:Función motora normal.
Bueno	Déficit motor (habitualmente distal) de un 20 % aproximadamente.
Regular	:Mínima función motora proximal
Malo	:Sin función motora.

---



## X: D I S C U S I O N

Las lesiones post-traumáticas del plexo braquial sobre todo las de tracción son de serias consecuencias para la función de la extremidad y a menudo el resultado de los procedimientos quirúrgicos es pobre.

Nuestros resultados coinciden con los de la literatura ya que nuestros pacientes más afectados fueron aquellos en donde estuvo presente un mecanismo de tracción y los que presentaron desde el principio parálisis total.

Diversos factores afectan el pronóstico en las lesiones del plexo braquial como son: lesión completa de todas las raíces del plexo braquial, síndrome de Horner persistente, dolor severo en una extremidad insensible, parálisis de músculos toracoescapulares, una prueba de histamina positiva en el territorio de distribución del plexo en una zona anestésica, registro de potenciales de acción sensoriales en sitios anestésicos, ausencia de

potenciales de acción voluntarios en electromiografías repetidas, presencia de potenciales de deservación en los músculos paravertebrales cervicales posteriores, ausencia de registro de potenciales evocados somatosensoriales en la corteza parietal contralateral al sitio estimulado y demostración mielográfica o tomográfica de dos o más meningoceles<sup>38</sup>.

El Síndrome de Horner no estuvo presente en ninguno de estos pacientes con avulsión de raíces fué encontrado.

En nuestros 11 casos a la mayoría de los pacientes se les realizaron estudios electrofisiológicos; son de gran utilidad tanto desde el punto de vista diagnóstico como pronóstico ya que pueden indicar el grado de lesión y además en los pacientes con recuperación inadecuada también muestran las alteraciones<sup>9, 33, 34, 38</sup>.

Aunque el hecho de encontrar en la mielografía la presencia de meningoceles no siempre habla categóricamente de lesión irreversible del plexo braquial la realidad es que su presencia orientará a ello; los casos seis

7 siete que presentaron tal alteración mielográfica no obtuvieron recuperación.

En ninguno de los 11 pacientes se realizó estudio tomográfico el cual posiblemente hubiera aportado datos; el empleo de este estudio en tales afecciones es de reciente introducción<sup>15</sup>. Seguramente con el paso del tiempo en nuestro servicio se irá realizando para complemento diagnóstico.

En la actualidad el tratamiento de las lesiones post-traumáticas del plexo braquial es controversial, sobre todo el de las de tracción<sup>4, 15, 19, 24, 30, 33</sup>.

Primero si deberá o no operarse y segundo en que tiempo. Existen diferentes criterios, tanto el manejo conservador como el del abordaje quirúrgico temprano.

Se considera que si la recuperación tanto desde el punto de vista clínico como electromiográfico no se ha presentado para el tiempo esperado de acuerdo al tipo de lesión la conducta debe de ser quirúrgica<sup>14, 24, 30</sup>, ya que el pronóstico se ensombrece a medida que transcurre el tiempo después de la lesión; la finalidad de un abordaje quirúrgico temprano es evitar la atrofia y con

ello preservar la función al máximo <sup>24, 30, 31</sup>.

A pesar del vigoroso poder de regeneración axonal <sup>10, 33</sup> para obtener la función del miembro, la experiencia de varios autores ha demostrado que después de una tracción severa, un paciente de tres o cuatro no tendrá recuperación o únicamente obtendrá alguna función básico como la flexión del codo <sup>24, 30, 38</sup>.

La ausencia de recuperación o muy pobres resultados han sido el incentivo para motivar al abordaje quirúrgico temprano buscando obtener mejores resultados funcionales que con la recuperación espontánea.

El empleo de los potenciales evocados transoperatorios ha venido a representar mejores resultados quirúrgicos en las unidades que cuentan con ellos ya que permite conocer mejor el tipo de lesión y de acuerdo a ello decidir cual es la conducta quirúrgica más apropiada <sup>7, 16, 17</sup>. En nuestro servicio de Neurocirugía aún no se cuenta con equipo para el registro de tales estudios y lo que se realiza únicamente es el estímulo transoperatorio para conocer el grado de respuesta muscular y con

orientar nuestro manejo.

En nuestros casos no fué posible diferenciar la lesión permanente de la transitoria por no contar con los estudios mencionados y con ello contribuyó a que la mayor parte de nuestros procedimientos estuvieran representados por la neurólisis (90.9 % de los casos). Únicamente empleamos anastomosis autóloga con injerto sural en un caso ya que los datos de lesión permanente eran francos.

En la actualidad se realiza cada vez más con frecuencia el injerto autólogo; el nervio más utilizado para este fin es el sural aunque otros como el cubíneo antebraquial y el radial superficial también pueden ser usados; la anastomosis debe ser realizada bajo magnificación con microscopio ya sea mediante técnica epineural o interfascicular; la experiencia de la mayor parte de autores indica que el primer procedimiento da mejores resultados 19, 24, 27, 30, 33, 35.

Un procedimiento quirúrgico que también debe ser tomado en consideración es la transferencia de elementos neurales ya sea de nervios intercostales, del plexo

cervical o del nervio accesorio para conectar nuevamente porciones del plexo braquial al cordón espinal<sup>25</sup>. Esta cirugía estará indicada fundamentalmente en los casos - que cursan con avulsión radicular; los resultados obtenidos pueden estar limitados únicamente a abducción de el hombro o flexión del codo<sup>24, 25, 30, 33</sup>.

El abordaje transclavicular nos brinda una visualización más amplia y más adecuada, principalmente cuando las lesiones son totales permitiéndonos una exploración más satisfactoria<sup>8, 14, 22, 30</sup>.

Además con el abordaje transclavicular la visualización de las estructuras vasculares es mejor; nosotros empleamos esta técnica en seis de nuestros casos y nos fué posible exponer completamente al plexo braquial.

Las lesiones de las porciones superiores de el plexo presentan un mejor pronóstico debido a que su músculo blanco se encuentra relativamente cercano y la regeneración axonal es más rápida<sup>10</sup>; a la inversa las lesiones de las porciones inferiores del plexo, sobre todo las de tracción tienen un pronóstico más pobre<sup>24, 28</sup>.

Al respecto es muy interesante el estudio de Bonnel dado a conocer en 1975<sup>24</sup>; el mostró que un plexo braquial humano contiene de 100 000 a 160 000 fibras nerviosas. Cada fibra produce una o varias yemas axónicas si la célula central está sana participando así en la regeneración. Unos pocos cientos de axones parecen ser suficientes para reinervar eficientemente un músculo - pobremente diferenciado como el bíceps pero se necesitan miles de ellos para restaurar la delicada función de los músculos de la mano y dar además sensibilidad en ella.

La experiencia muestra que la regeneración axonal disminuye a medida que ésta es más periférica. Por lo tanto la mano es una de las áreas que más puede resultar dañada en lesiones severas del plexo braquial.

El presente reporte nos permite afirmar que el tratamiento quirúrgico de las lesiones post-traumáticas de del plexo braquial mejora el pronóstico de la extremidad afectada.

Cuando los resultados del tratamiento quirúrgico con los del manejo conservador es evidente observar que en el primer caso se obtiene mejor utilidad de la -

extremidad 14, 15, 24, 30, 38

Para un paciente sin o con mínima función de una extremidad superior una mejoría aún mínima que se pueda obtener mediante cirugía es para él de gran importancia.

De gran utilidad es la Rehabilitación la cual deberá de ser llevada a cabo unas cuatro semanas después de la cirugía para evitar al máximo la atrofia muscular<sup>33,38</sup>

Con la identificación temprana de las lesiones, la selección quirúrgica apropiada del paciente y la disponibilidad de estudios neuroanatómicos, neurofisiológicos, sobre todo con respecto al estudio de la plasticidad del sistema nervioso periférico (v. gr. factor de crecimiento neural), los resultados y el pronóstico deberán de mejorar.

Actualmente las técnicas microquirúrgicas hacen posible el manejo de lesiones que antes se consideraban irreparables y los resultados van siendo mejores<sup>14, 24, 27, 30, 31</sup>

Finalmente habrá de valorarse que pacientes pueden resultar beneficiados de algún otro procedimiento de cirugía reconstructiva u ortopédico para que sean referidos a la unidad correspondiente<sup>23, 33</sup>

## X. BIBLIOGRAFIA

- 1.- Aaron J., Virapongse.: Metrizamide myelography in cervical root avulsion injury. Surg. Neurology. Vol 18 No. 6: 416-418. December 1982.
- 2.- Batey N.R., Makin G.S. :Neurovascular traction injuries of the upper limb root. Br. J. Surg. Vol. 69: 35-37, 1982.
- 3.- Bufalini C., Pescatori G. :Posterior cervical electromyography in the diagnosis and prognosis of brachial plexus injuries. J. Bone and Joint Sur (Br). Vol 51: 627-631, 1969.
- 4.- Bonney G. :Prognosis in traction lesions of the brachial plexus. The Journal of Bone and Joint Surgery. Vol. 41 B, No. 1:: 4-35, February 1959.
- 5.- Bonney G., Birch R., Jamieson A. :Experience with vascularized nerve grafts. Clinics in Plastic Surgery. Vol II: 137 - 142, January 1984.
- 6.- Burge P., Rushworth G., Watson N.: Patterns of injury to the terminal branches of the brachial plexus. The journal of Bone and Joint Surgery. Vol. 67-B. No. 4: 630-634, 1985.
- 7.- L. Celli., C. Rovesta., G. de Luise. :Intraoperative paravertebral muscular evoked potentials (PMEP) treatment of traumatic root lesions of the brachial plexus. Acta Orthopaedica Belgica, Tome 49, Fasc. 5: 564 - 570, 1983.

- 8.- Collin S., Mac Carty. Surgical exposure of the brachial plexus. Surg. Neurology. Vol. 21: 593 - 596, 1984.
- 9.- Davies D., Onofrio B., Mac Carty. :Brachial plexus injuries Mayo Clin Proc. Vol. 53: 799- 807, 1978.
- 10.- Grafstein B. :Cellular Mechanisms for recovery from nervous system injury. Surg. Neurology. Vol. 13: 363 - 365, May 1980.
- 11.- Davies E. R., Sutton D. :Myelography in brachial plexus injuries. Br. J. Radiology. Vol. 39: 362 - 371, 1966.
- 12.- Greenwald A.G., Schute P. C., Shiveley J.L. :Brachial plexus birth palsy: A 10-year report on the incidence and prognosis Journal of Pediatric Orthopedics. Vol. 4: 489-492, 1984.
- 13.- Kline D.G., Nulsen F.E. :The neuroma in continuity. Its preoperative and operative management. Surgical Clinics of North America. Vol. 52: 1189 - 1209, October 1972.
14. Kline D.G., Judice D. J. :Operative management of selected brachial plexus lesions. J. Neurosurgery. Vol. 58: 631 - 649, May 1983.
- 15.- Kline D.G., Hackett E.R., Happel L. H. :Surgery for lesions of the brachial plexus. Arch Neurol. Vol. 43: 170 - 181, 1986.

- 16.- A. Landi., S.A. Copeland., C.H.B. Wynn Parry., S.J. Jones  
:The role of somatosensory evoked potentials and nerve  
conduction studies in the surgical management of brachial  
plexus injuries. The Journal of Bone and Joint Surgery.  
Vol. 62-B No. 4: 492 - 496, November 1980.
- 17.- M. Kondo., H. Matsuda., Y. Miyawaki., M. Yoshimura., A.  
Shimazu. :A new method of electrodiagnosis during opera-  
tions on the brachial plexus and peripheral nerve injuries  
The value of motor nerve action potentials evoked by  
trans-skull motor area stimulation. International Ortho-  
paedics. Vol. 9: 115 - 121, 1985.
- 18.- R.D. Leffert., Sir Herbert Seddon. Infraclavicular brachial  
plexus injuries. The Journal of Bone and Joint Surgery.  
Vol. 47. No. 1: 9 - 21, February 1965.
- 19.- Levinthal R., Brown W.J., Rand R. W. :Comparison of fasci-  
cular, interfascicular, and epineural suture techniques  
in the repair of simple nerve lacerations. J. Neurosurgery  
Vol. 47: 744 - 750, November 1977.
- 20.- Lundborg G., Hansson H.A. :Nerve regeneration through pre-  
formed pseudosynovial tubes. The Journal of Hand Surgery.  
Vol. 5 No. 1: 35 - 38, January 1980.
- 21.- Miller D.S., Boswick J. A. :Lesions of the brachial plexus  
associated with fractures of the clavicle. Clinical Ortho-  
paedics and Related Research. No. 64: 144 - 149, May-June  
1969.

- 22.- Lusskin R., Campbell J. B., Thompson W. A. L. :Post-traumatic lesions of the brachial plexus. Treatment by transclavicular exploration and neurolysis or autograft reconstruction. The Journal of Bone and Joint Surgery. Vol. 55-A. No. 6: 1159 - 1176, September 1973.
- 23.- Moneim M.S., Omer G. E. :Latissimus dorsi muscle transfer forrestoration of elbow flexion after brachial plexus disruption. The Journal of Hand Surgery. Vol. II-A. No. I 135 - 139, January 1986.
- 24.- Narakas A. :Surgical treatment of traction injuries of the brachial plexus. Clinical Orthopaedics and Related Research No. 133: 71 - 90, June 1978.
- 25.- Narakas A. :Thoughts on neurotization of nerve transfers in irreparable nerve lesions. Clinics in Plastic Surgery. Vol. II. No. 1: 153 - 159, January 1984.
- 26.- M. Pasila., H. Jaroma., O. Kiviluoto & A. Sundholm. :Early complications of primary shoulder dislocations. Acta Orthop. Scand. Vol. 49: 260 - 263, 1978.
- 27.- Petrucci F. S., Morelli A.; Raimondi PL. L. :Axillary nerve injuries- 21 cases treated by nerve graft and neurolysis. The Journal of Hand Surgery Vol 7. No. 3: 271 - 278, May 1982.

- 28.- Rorabeck C. H., Harris W. R. :Factors affecting the prognosis of brachial plexus injuries. The Journal of Bone and Joint Surgery. Vol. 63-B. No. 3: 404-407, 1981 .
- 29.- H. J. Seddon. :Nerve grafting. The Journal of Bone and Joint Surgery Vol.45-B. No. 3: 447-461, August 1963.
- 30.- Sedel L. :The results of surgical repair of brachial plexus injuries. The Journal of Bone and Joint Surgery Vol. 64-B. No. 1: 54-66, 1982.
- 31.- A.A. Solonen., M. Vastamaki., B. Strom. :Surgery of the brachial plexus. Acta Orthop. Scand. Vol. 55: 436-440, 1984.
- 32.- Sydney Sunderland. :Mechanisms of cervical nerve root avulsion in injuries of the neck and shoulder. J. Neurosurgery. Vol 41: 705-714, December 1974.
- 33.- Sydney Sunderland. Nervios periféricos y sus lesiones. Salvat Editores, S.A. 1985.
- 34.- M. Swash. :Diagnosis of brachial root and plexus lesions J. Neurology. Vol. 233: 131-135, 1986.
- 35.- Terzis J.K. , Strauch B. :Microsurgery of the peripheral nerve :A Physiological approach. Clinical Orthopaedics and Related Research. No. 133: 39-48, June 1978.
- 36.- David G. T. Thomas., Steven J. Jones. Dorsal root entry zone lesions (Nashold's Procedure) in brachial plexus avulsion Neurosurgery. Vol. 15: 966-968, December 1984.

- 37.- Warren J., Gutmann L., Figueroa A. F., Bloor B. M.  
:Electromyographic changes of brachial plexus root  
avulsions. J. Neurosurgery. Vol 31: 137-140, August 1969.
- 38.- Wynn Parry. :Brachial plexus injuries. British journal  
of Hospital Medicine. pág. 130-139, September 1984.
- 39.- Wynn Parry. :Pain in avulsion of the brachial plexus.  
Neurosurgery .Vol. 15. No. 6: 960-965, December 1984.
- 40.- Yeoman P. M.: Cervical myelography in traction injuries  
of the brachial plexus. The Journal of Bone and Joint  
Surgery. Vol. 50-B. No. 2: 253-260, May 1968.
- 41.- Zalis A. W., Oester Y. T., Rodríguez A. A.  
Electrophysiologic diagnosis of cervical nerve root  
avulsion. Arch pPhys Rehabil.. Vol. 51: 708-710, 1970.

