

## Papel preponderante de la Fisioterapia en la prevención y tratamiento de la displasia glenohumeral en pacientes con parálisis braquial obstétrica

### *Preponderant role of Physiotherapy in the prevention and treatment of glenohumeral dysplasia in patients with obstetric brachial plexus palsy*

Gil-Álvarez JJ<sup>a</sup>, Martínez-Fuentes MP<sup>b</sup>.

<sup>a</sup> Unidad de Miembro Superior y Nervio Periférico en Hospital Universitario Virgen del Rocío de Sevilla. España. Ortopediátrica: Ortopedia Pediátrica Avanzada. Sevilla. España

<sup>b</sup> Servicio Andaluz de Salud. Sevilla. España. Ortopediátrica: Ortopedia Pediátrica Avanzada. Sevilla. España

#### Correspondencia:

Juan José Gil Álvarez  
jgilalvarez@gmail.com

Recibido: 26 marzo 2017

Aceptado: 3 mayo 2017

#### RESUMEN

Las deformidades secundarias del hombro constituyen un aspecto importante cuando se tratan pacientes con parálisis braquial obstétrica con lesión alta del plexo braquial. Estas deformidades se conocen como displasia glenohumeral y se cree que son causadas por un desequilibrio entre unos rotadores internos de esta articulación, funcionantes, frente a unos rotadores externos débiles. Esto conduce a una subluxación posterior de la cabeza humeral y a la retroversión de la glenoides que ocasiona una disfunción de la articulación glenohumeral. La disminución del balance articular pasivo en rotación externa del hombro es una de las limitaciones que más frecuentemente se producen pero no es la única. El registro sistemático y cuidadoso de la movilidad del hombro permite sospechar cambios incipientes en la articulación glenohumeral si se produce algún tipo de limitación. Los estudios de imagen como la resonancia magnética y la ecografía confirman el diagnóstico. La Fisioterapia es importante no sólo en el tratamiento de la displasia glenohumeral, sino también en su diagnóstico y prevención. Los ejercicios de estiramiento de las contracturas detectadas a nivel glenohumeral previenen o minimizan la progresión hacia la displasia si se realizan con estabilización de la articulación escapulotorácica. El éxito también dependerá de que padres y cuidadores, entrenados en la realización de estos ejercicios, los realicen en casa. La estabilización de la articulación escapulotorácica puede ser difícil para los padres. En estos casos, las técnicas de vendaje neuromuscular pediátrico representan una opción que permite realizar movimientos pasivos de la articulación glenohumeral sin aleteo escapular.

**Palabras clave:** modalidades de Fisioterapia, plexo braquial, parálisis obstétrica, luxación del hombro.

#### ABSTRACT

*Secondary shoulder joint deformities are an important aspect of treating upper brachial plexus lesions in patients with obstetric brachial plexus palsy. These deformities are known as glenohumeral dysplasia and are thought to be caused by an imbalance between functional internal rotators and weak external rotators of the glenohumeral joint what leads to a posterior subluxation of the humeral head, retroversion of the glenoid and subsequent gle-*

*nohumeral joint dysfunction. Decreased shoulder passive external rotation range of motion is one of the most frequently reported limitation but not the only one. Careful and systematic assessment of shoulder motion may lead to suspect incipient glenohumeral joint changes if any limitation occurs. Imaging studies such as magnetic resonance imaging and ultrasound confirm the diagnosis. Physiotherapy is important not only in the treatment of glenohumeral dysplasia, but also in its diagnosis and prevention. Stretching any contracture at the glenohumeral joint while stabilizing scapulothoracic joint will prevent or minimize glenohumeral dysplasia progression. Parents and caregivers must be trained given that success requires their collaboration at home by performing these exercises. Scapulothoracic joint stabilization is crucial but can be tedious and difficult for parents. In these cases, pediatric kinesiotaping of the scapulothoracic joint is a good option as it allows glenohumeral joint passive movements without scapular winging*

**Key words:** *Physical therapy modalities, brachial plexus, paralysis, obstetric, shoulder dislocation.*

## INTRODUCCIÓN

Por parálisis braquial obstétrica (PBO) se conoce la lesión que se produce en el plexo braquial, ya sea a nivel de las raíces nerviosas, troncos, cordones o nervios colaterales o terminales que lo forman durante el periodo perinatal. Representa una patología compleja en la práctica de la ortopedia pediátrica. Hay estudios en los que tras valorar la historia natural de la enfermedad muestran que entre un 20 y un 30 % de los niños con parálisis braquial obstétrica tendrán algún déficit neurológico residual a los tres años<sup>(1)</sup>. Las presentaciones clínicas de la PBO pueden ser agrupadas clásicamente en uno de los cuatro patrones definidos por Narakas<sup>(2)</sup>. En el tipo 1 las raíces que se afectan son C5 y C6 (tipo Erb-Duchenne) en el que el déficit que se produce afecta principalmente a la abducción y rotación externa del hombro, la flexión del codo y la supinación del antebrazo. En el tipo 2 se afectan C5, C6 y C7 con la consiguiente adición a los déficit antes referidos de la pérdida de extensión de muñeca. En el tipo 3 se afectan todas las raíces del plexo braquial, desde C5 a T1 lo que supone un déficit motor generalizado en todo el miembro superior. En el tipo 4, aparte de afectarse todas las raíces del plexo braquial, además se lesiona la cadena simpática cervical con el resultado de un miembro superior paralizado más síndrome de Horner (ptosis, miosis, enoftalmos y anhidrosis facial ipsilateral). Como consecuencia de las diferentes posibles afecciones del plexo braquial, en aquellos cuadros en los que se produzcan desbalances entre diferentes grupos musculares involucrados en el movimiento de una misma articulación (p.ej. en el tipo 1, la rotación externa del hombro está afectada pero la interna

está conservada) se puede producir un crecimiento asimétrico que afecte a músculos, cápsula articular y de los huesos que forman la articulación con el resultado de contracturas articulares y cambios en la arquitectura articular por afectación de las superficies articulares cartilaginosas. Cuando estos cambios se producen en la articulación glenohumeral se conoce como displasia glenohumeral (DGH) que se asocia con contracturas capsuloligamentosas, retroversión de la glenoidea, formación de seudoglenu y subluxación posterior de la cabeza humeral<sup>(3,4)</sup>. Estas deformidades secundarias que pueden aparecer en el hombro representan un problema en sí mismo que suma nuevos déficit secundarios musculoesqueléticos a los neurológicos ya existentes.

Los esfuerzos terapéuticos deben ir dirigidos a minimizar el desarrollo de displasias secundarias como la DGH como consecuencia de los déficit neurológicos que se producen en la PBO. Estas displasias tendrán un impacto en la calidad de vida del paciente y pueden ser permanentes incluso en el caso de aquellos pacientes en los que se produzca la curación espontánea o postquirúrgica del déficit neurológico. El motivo de que se produzcan estas displasias articulares en pacientes con recuperación del déficit neurológico es el gran lapso de tiempo que transcurre entre la lesión de un nervio periférico y su recuperación, si ésta llega a producirse, suficiente para que estructuras anatómicas en crecimiento como las articulaciones de los recién nacidos sufran los cambios adaptativos descritos a lo largo de los primeros años de la infancia<sup>(4-6)</sup>.

El propósito de este trabajo es profundizar en el conocimiento de la DGH y establecer una serie de reco-

mendaciones basadas en la experiencia de los autores y en la revisión de la literatura para poner en valor las aportaciones realizadas desde la Fisioterapia, pues entendemos que ésta se presenta como una pieza clave en la prevención y el tratamiento de esta patología.

### ETIOPATOGENIA DE LA DGH

La DGH se presenta precozmente en aquellos pacientes con PBO en los que la recuperación del daño neurológico no se ha producido, si bien, también puede aparecer en aquellos pacientes en los que la recuperación neurológica se ha producido pero el hombro ha permanecido el tiempo suficiente y principalmente en rotación interna como para inducir la aparición de cambios en la histoarquitectura capsular y ligamentosa del hombro. Los cambios a nivel óseo tardan más tiempo en aparecer aunque se han descrito casos en los que se han identificado alteraciones esqueléticas en niños con tan solo 3 meses de edad incluso con un balance articular pasivo del hombro conservado. Estos cambios esqueléticos adaptativos ocurren como consecuencia del rápido crecimiento que se experimenta en las primeras etapas de la vida asociado a un desequilibrio entre los rotadores externos débiles o ausentes en su función frente a unos rotadores internos del hombro, potentes como el subescapular que es funcional en las lesiones de las raíces altas del plexo braquial por recibir inervación de las raíces bajas del plexo<sup>(7)</sup>. La rotación interna del hombro sin oposición da como resultado una relación excéntrica entre la cabeza humeral y la fosa glenoidea que acaba conduciendo a la displasia glenohumeral en un hombro en crecimiento lo que puede ser parcialmente explicado por la ley de Hue-ter-Volkmann<sup>(8)</sup>. Si bien la aparición de la DGH es más frecuente en pacientes con lesión tipo 1 ó 2 de la clasificación de Narakas, los pacientes con una lesión completa del plexo braquial también están expuestos a padecer DGH ya que, aunque inicialmente no se produce desequilibrio entre los rotadores externos e internos, la recuperación es más frecuente en estos últimos al recibir inervación de casi la totalidad de las raíces que componen el plexo como es el caso del pectoral mayor. Así, se han descrito series en las que la mitad de los pacientes con una PBO tipo 4 de Narakas desarrollaron DGH<sup>(9)</sup>.

La etiopatogenia descrita en el párrafo anterior se corresponde con la hipótesis más aceptada en la actualidad acerca del desarrollo de la DGH si bien otra hipótesis está cobrando fuerza basándose en el estudio por resonancia magnética (RM) de todos los músculos del manguito rotador del hombro en el que todos, incluidos el subescapular presentarían amiotrofia en mayor o menor medida, siendo el subescapular el más propenso de todos a sufrir este proceso<sup>(10)</sup>. En este escenario, el posicionamiento del hombro en rotación interna mantenida provocaría el acortamiento de los rotadores internos y la elongación de los rotadores externos, lo que conllevaría un cambio en la línea de tracción muscular y el consiguiente desplazamiento posterior de la cabeza humeral incluso tras la espontánea o postquirúrgica reinervación de los rotadores externos<sup>(11)</sup>.

### MANIFESTACIONES CLÍNICAS DE LA DGH

La limitación en la movilidad del hombro en todos los arcos de movimiento en general suele ser la principal manifestación clínica con especial afectación de la rotación externa. Esta limitación, ya de por sí presente en la mayoría de pacientes con PBO, es mayor en pacientes con DGH y se traduce en la dificultad que presentan estos pacientes en realizar actividades que impliquen el posicionamiento de la mano por encima de la altura del hombro y en particular sobrepasar, en esta posición, el plano medio coronal. La escala modificada de Mallet (figura 1) de valoración funcional del hombro en pacientes con PBO presta especial atención a la exploración de las limitaciones que presentan los pacientes en los diferentes arcos de movimiento del hombro mediante la ejecución de ejercicios fáciles de comprender por pacientes pequeños<sup>(12)</sup>.

La discinesia escapular es otra manifestación frecuente en pacientes con PBO agravada en aquellos que además desarrollan DGH, que conduce a un marcado aleteo escapular. La inervación del romboides y del serrato suele estar conservada en lesiones del plexo braquial salvo en los raros casos de avulsión de las raíces C5 y C6<sup>(13)</sup>. Además la inervación del trapecio a cargo del nervio espinal accesorio no se ve afectada por no pertenecer éste al plexo braquial. Por tanto, los principales músculos

	NO EVALUABLE	GRADO I	GRADO II	GRADO III	GRADO IV	GRADO V
<b>ABDUCCIÓN</b>	NO EVALUABLE	NO FUNCIÓN	 <math>< 30^\circ</math>	 <math>30^\circ-90^\circ</math>	 >90°	NORMAL
<b>MANO A BOCA</b>	NO EVALUABLE	NO FUNCIÓN	 TROMPETA +	 TROMPETA +/-	 <math>< 40^\circ</math> ABDUCCIÓN	NORMAL
<b>MANO A CUELLO</b>	NO EVALUABLE	NO FUNCIÓN	 IMPOSIBLE	 DIFÍCIL	 FÁCIL	NORMAL
<b>ROTACIÓN EXT.</b>	NO EVALUABLE	NO FUNCIÓN	 <math>< 0^\circ</math>	 <math>0^\circ-20^\circ</math>	 >20°	NORMAL
<b>ROTACIÓN INT.</b>	NO EVALUABLE	NO FUNCIÓN	 NO PUEDE TOCAR ABDOMEN	 TOCA ABDOMEN FLEX. MUÑECA	 TOCA ABDOMEN SIN FLEX. MUÑECA	NORMAL
<b>MANO A ESPALDA</b>	NO EVALUABLE	NO FUNCIÓN	 IMPOSIBLE	 S1	 T12	NORMAL

FIGURA 1. Escala de Mallet Modificada.

implicados en la dinámica de la articulación escapulotorácica permanecen inervados y funcionantes. Esta inicial normalidad en la función de la musculatura periescapular hace que los pacientes incrementen de forma compensatoria la movilidad en la articulación escapulotorácica para suplir los déficit presentes en la articulación glenohumeral lo que se traduce inicialmente en una mejora funcional en la realización de tareas que involucran tanto a una como a las dos manos<sup>(11)</sup>. Lo que luego sucede es que, incluso cuando la movilidad de la articulación glenohumeral debería haberse recuperado tras la reinervación de los músculos denervados por la lesión neurológica,

persiste el patrón compensatorio aprendido lo que conlleva a una «anquilosis funcional» de la articulación glenohumeral como consecuencia de la activación simultánea de diferentes músculos (co-contracciones) que necesitan ser reeducados<sup>(14)</sup>.

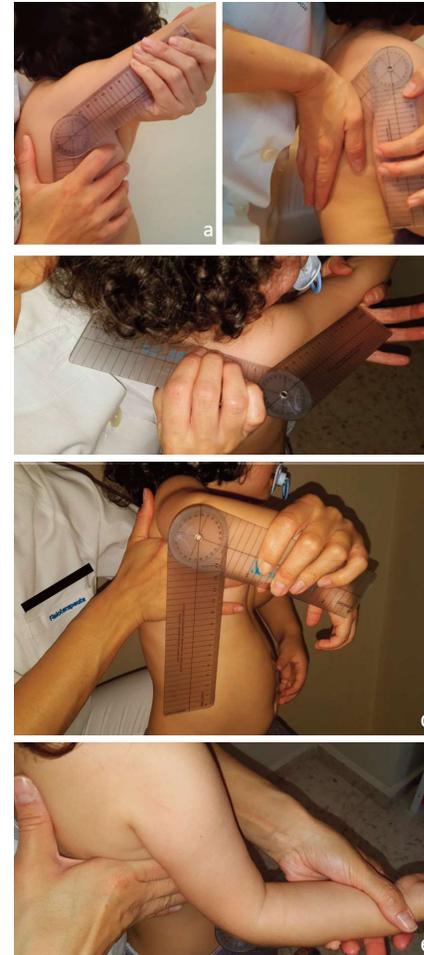
#### DIAGNÓSTICO DE DGH

La pérdida de la rotación externa pasiva es un indicador primario de esta patología y su presencia en pacientes con PBO se ha correlacionado con el desarrollo

de DGH<sup>(15)</sup>. Este hallazgo debe alertarnos ante la posibilidad de que se esté desarrollando una DGH en un paciente con PBO. Sin embargo la exploración física del paciente puede fallar en el diagnóstico de DGH si no se controla firmemente la articulación escapulotorácica la cual tenderá a suplir parte de la función perdida en la articulación glenohumeral<sup>(16)</sup>. Se recomienda evaluar 5 parámetros entre la escápula y el humero para identificar limitaciones en la articulación glenohumeral:

- Ángulo inferior: en máxima abducción se mide el ángulo entre el borde lateral de la escápula y el húmero. En condiciones normales oscila entre 160° y 180°. Valores inferiores hablarían a favor de una contractura capsular inferior. Si la escápula no se inmoviliza en esta maniobra se podrá observar un «aleteo escapular» lateral.
- Ángulo superior: en máxima adducción se mide el ángulo entre el borde lateral de la escápula y el humero. En condiciones normales oscila entre 30° y 40°. Valores mayores hablarían a favor de una contractura capsular superior. Si la escápula no se inmoviliza en esta maniobra se podrá observar un «aleteo escapular» medial.
- Ángulo posterior: con el hombro flexionado 90° se mide el ángulo formado entre el borde posterior de la escápula y el húmero en posición de máxima adducción. En condiciones normales este ángulo oscila entre 90° y 100°. Valores mayores hablarían a favor de una contractura capsular posterior. Si la escápula no se inmoviliza en esta maniobra se podrá observar un «aleteo escapular» posterior.
- Arco de movimiento en rotación interna: con el hombro abducido 90°, el codo flexionado 90° y la escápula firmemente estabilizada contra el tórax, se procede a realizar rotación interna pasiva del hombro. Considerando 0° cuando la mano apunta al frente, el rango normal es de unos 80° a 90°.
- Arco de movimiento en rotación externa: Con el hombro en máxima adducción, el codo flexionado 90° y la escápula firmemente estabilizada contra el tórax, se procede a realizar rotación externa pasiva del hombro. Considerando 0° cuando la mano apunta al frente, el rango normal es de unos 75° a 90° (figura 2).

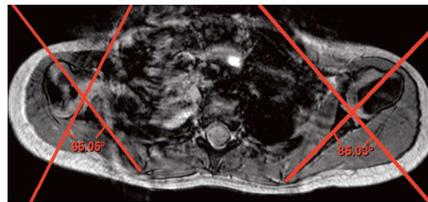
El diagnóstico se establece mediante la valoración de pruebas de imagen. Aunque no existe consenso en la



**FIGURA 2.** (a) Medición del ángulo inferior en abducción, (b) medición del ángulo superior en adducción, (c) medición del ángulo posterior con adducción y flexión de 90°, (d) medición de la rotación interna del hombro tomando como referencia el eje escapular y el eje del antebrazo, y (e) medición de la rotación externa tomando como eje el plano sagital y el eje del antebrazo; realizadas con bloqueo de la articulación escapulotorácica.

literatura acerca del papel de las diferentes pruebas de imagen en el diagnóstico y seguimiento de la PBO y sus secuelas, parece que la ecografía podría ser útil como método de cribado en el diagnóstico de la DGH si bien el patrón oro sería la RM<sup>(17)</sup>.

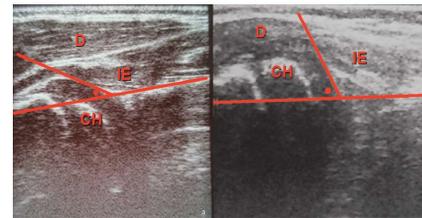
La evaluación de las pruebas de imagen, en especial la RM, permite no sólo establecer el diagnóstico de DG sino también su clasificación en diferentes estadios lo que tiene un efecto directo en las opciones terapéuticas que se pueden ofrecer a los pacientes<sup>(18)</sup>. La principal ventaja de la RM en el diagnóstico y evolución de la DG es que permite la medición de parámetros de gran valor en la valoración del grado de subluxación de la cabeza humeral como son la versión glenoidea y el porcentaje de cabeza humeral que permanece anterior al eje escapular<sup>(19, 20)</sup> (figura 3).



**FIGURA 3. Displasia glenohumeral en RM. Subluxación posterior de hombro derecho con incremento de la retroversión glenoidea (hombro sano 5°, hombro displásico 25°).**

La ecografía goza de una serie de ventajas con respecto a la RM como es el hecho de tratarse de una exploración dinámica en la que se puede visualizar el comportamiento de los elementos articulares durante determinadas maniobras realizadas por el explorador, lo que permite ver, por ejemplo, si una articulación subluxada puede ser reducida o si por el contrario permanece subluxada a pesar de su manipulación. Otra ventaja de la ecografía frente a la resonancia es que no hace falta sedar o anestesiarse al paciente para su realización lo cual es un requisito imprescindible en la resonancia con el fin de evitar artefactos provocados por el movimiento de los pacientes que, por su edad, no suelen colaborar en la realización de esta prueba. En la ecografía se puede medir el ángulo formado entre el borde escapular poste-

rior y la tangente a la cabeza humeral con vértice en el extremo lateral óseo de la escápula (ángulo alfa) y el desplazamiento humeral posterior en relación al margen escapular posterior<sup>(21)</sup> (figura 4).



**FIGURA 4. Imágenes ecográficas por acceso posterior de hombro en el eje largo del infraespinoso (IE) donde además se muestra el núcleo de osificación de la cabeza humeral (CH), deltoideos (D) y el ángulo alfa (\*) delimitado entre el reborde escapular posterior y la tangente al cartilago de la cabeza humeral con intersección a nivel del borde lateral óseo de la escápula. En (a), displasia glenohumeral leve con núcleo de osificación de la cabeza humeral anterior al borde escapular y ángulo alfa en el límite superior de la normalidad (30°). En (b), displasia glenohumeral moderada-severa con núcleo de osificación de la cabeza humeral posterior al borde escapular (subluxación posterior de hombro) y ángulo alfa patológico (60°).**

### PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA DGH

La DGH puede aparecer en edades muy tempranas, por eso es fundamental que ante aquellos pacientes con PBO más propensos a desarrollarla, se tomen medidas de prevención lo más precoces posibles para minimizar el riesgo de sufrirla. En este sentido un fisioterapeuta familiarizado con la exploración de esta patología desempeña un papel decisivo en su diagnóstico precoz<sup>(22)</sup>. Es muy común que en niños recién nacidos con PBO se inmovilice el brazo con flexión de codo y rotación interna del hombro (como si el paciente llevara un cabestrillo) durante los primeros días de vida. Esta medida, lejos de ayudar en la recuperación de la lesión sufrida, favorece el desarrollo de contractura en rotación interna del hombro

que, como ya se ha explicado, tendrá un efecto deletéreo en el desarrollo del hombro. Por todo lo explicado con anterioridad, se entiende la importancia de realizar movilización pasiva del hombro en rotación externa para estirar los músculos rotadores internos. Sin embargo, como hemos visto, la rotación externa no es el único arco de movimiento que se afecta en la DGH, por eso es fundamental la movilización pasiva de la articulación glenohumeral en todos los planos con estabilización de la articulación escapulotorácica manteniendo la escápula firmemente contenida contra el tórax en posición neutra. Las contracturas son complicaciones evitables en niños con PBO. En los estadios iniciales los ejercicios de movilización se deben usar para restaurar el balance articular pasivo de la articulación si se ha producido alguna pérdida y para evitar la ocurrencia de contracturas irreversibles<sup>(23)</sup>.

En este sentido, podemos observar cómo el abordaje fisioterapéutico va dirigido no sólo al tratamiento del paciente, sino también a hacer partícipes de este trata-

miento a padres y cuidadores, aportándoles, según la historia clínica de cada paciente, los consejos en salud y necesarios. El éxito o fracaso que los ejercicios de movilización pasiva del hombro pueden tener en la prevención de la DGH está relacionado con la habilidad de las personas del entorno del paciente, en especial, con la destreza en mantener estabilizada la escápula durante la realización de los ejercicios<sup>(14)</sup> (figura 5).

Además, la literatura científica comienza a aportar algunos datos interesantes en relación al uso del vendaje neuromuscular desde la Fisioterapia, y al igual que sucede con los ejercicios de movilización pasiva, se recomienda involucrar a los padres del paciente y hacerlos partícipes de este procedimiento. También se ha de enseñar a los padres qué actividades deben practicar con el paciente durante el periodo de tiempo en el que lleve el vendaje, en especial aquellas en las que se invite a la rotación externa del hombro, apoyo de peso en el brazo afecto y actividades bimanuales. Estas actividades se



FIGURA 5. Ejercicios de estiramiento: (a) estiramiento capsular inferior, (b) estiramiento capsular superior, (c) estiramiento capsular posterior, (d) estiramiento capsular anterior y de rotadores internos y (e) estiramiento de rotadores externos; todos realizados con bloqueo de la articulación escapulotorácica.

deben basar en el juego evitando actividades forzadas que se puedan percibir como obligadas o impuestas. Cada caso debe ser particularizado dada la amplia gama de posibles lesiones que se pueden producir a nivel del plexo braquial, cada una con diferentes consecuencias e implicaciones sobre la articulación del hombro. A continuación, se expone a modo de ejemplo una de las pautas reportadas en la literatura que ha demostrado resultados satisfactorios en el caso particular en el que se empleó. La aplicación del vendaje neuromuscular debe facilitar la función del manguito rotador del hombro. En el estudio que presentamos a continuación, las primeras dos semanas se dirigió una tira de vendaje suavemente pretensada desde el origen a la inserción del deltoides, abarcando las porciones anterior, media y posterior de éste, se mantuvo durante 2 ó 3 días y tras 1 ó 2 días de descanso se volvió a aplicar. A partir de la segunda semana se añadió otra tira para incluir la musculatura estabilizadora de la escapula, desde el borde medial de ésta, inmediatamente distal a la apófisis espinosa hasta la inserción del deltoides. El tratamiento se mantuvo durante un total de veinte semanas con esta pauta de aplicación y, posteriormente, durante otros cuatro meses decreciendo progresivamente los días por semana que se portó el vendaje<sup>(24)</sup>. En una de las series más largas encontradas en la literatura en la que se trataron pacientes con PBO mediante vendaje neuromuscular se concluye que esta modalidad de tratamiento influyó de manera estadísticamente significativa en la disminución del aleteo escapular<sup>(25)</sup>. Sin embargo, aunque este procedimiento se presenta con resultados esperanzadores, se necesitan más trabajos que aborden esta línea de tratamiento para poder sacar conclusiones en relación a sus efectos a largo plazo.

## CONCLUSIONES

El registro sistemático de la movilidad del hombro permite sospechar cambios incipientes en la articulación glenohumeral si se produce algún tipo de limitación. Así, tanto los estudios de imagen como la resonancia magnética y la ecografía son fundamentales para confirmar el diagnóstico de displasia glenohumeral. Etiológicamente, es posible explicar esta displasia por el desequilibrio entre los rotadores internos de esta articulación,

funcionantes, frente a los rotadores externos, débiles. Este aspecto fisiopatológico y biomecánico que supone una importante alteración del movimiento, limitación funcional y, en algunos casos, discapacidad, puede y debe ser abordada desde la Fisioterapia, tanto para su prevención, como para su abordaje terapéutico, disponiendo actualmente de diversos procedimientos profesionales que empiezan a validarse científicamente. Sin duda, el abordaje transdisciplinar en estos casos será una de las claves del éxito en la displasia de hombro.

## RESPONSABILIDADES ÉTICAS

**Protección de personas y animales.** Para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos.

**Confidencialidad y consentimiento informado.** Para esta investigación no se han realizado intervenciones en seres humanos.

**Declaración de privacidad.** Los autores manifiestan que el presente manuscrito no incumple la normativa de protección de datos de carácter personal y garantizamos que la identidad de los pacientes tanto en la redacción del artículo como en las imágenes ha sido debidamente protegida.

**Declaración de financiación.** Los autores no han recibido ningún tipo de financiación para la realización del presente manuscrito.

**Declaración de conflictos de intereses.** Los autores no tienen ningún conflicto de interés que declarar.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pondaag W, Malessy MJ, van Dijk JG, Thomeer RT. Natural history of obstetric brachial plexus palsy: a systematic review. *Dev Med Child Neurol.* 2004 Feb; 46(2): 138-44.
2. Narakas AO. Obstetrical brachial plexus injuries. En: Lamb DW, ed. *The Paralysed Hand.* Edinburgh, UK: Churchill Livingstone; 1987: 116-35.

3. Van Gelein Vtringa VM, Jaspers R, Mullender M, Ouwerkerk WJ, Van Der Sluijs JA. Early effects of muscle atrophy on shoulder joint development in infants with unilateral birth brachial plexus injury. *Dev Med Child Neurol.* 2011; 53(2): 173–8.
4. Waters PM, Smith GR, Jaramillo D. Glenohumeral deformity secondary to brachial plexus birth palsy. *J Bone Joint Surg Am.* 1998; 80(5): 668–77.
5. Van der Sluijs JA, van Ouwerkerk WJ, de Gast A, Wuisman PI, Nollet F, Manoliu RA. Deformities of the shoulder in infants younger than 12 months with an obstetric lesion of the brachial plexus. *J Bone Joint Surg Br.* 2001; 83(4): 551–5.
6. Van der Sluijs JA, van Ouwerkerk WJ, de Gast A, Wuisman P, Nollet F, Manoliu RA. Retroversion of the humeral head in children with an obstetric brachial plexus lesion. *J Bone Joint Surg Br.* 2002; 84(4): 583–7.
7. Jellicoe P, Parsons SJ. Brachial plexus birth palsy. *Curr Orthop.* 2008; 22(4): 289–94.
8. van Gelein Vtringa VM, van Royen BJ, van der Sluijs JA. Scapular deformity in obstetric brachial plexus palsy and the Hueter-Volkman law; a retrospective study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2013 Mar 22; 14: 107. doi: 10.1186/1471-2474-14-107.
9. Iorio ML, Menashe SJ, Iyer RS, Lewis SP, Steinman S, Whitlock KB, et al. Glenohumeral Dysplasia Following Neonatal Brachial Plexus Palsy: Presentation and Predictive Features During Infancy. *J Hand Surg Am.* 2015 Dec; 40(12): 2345–51.e1. doi: 10.1016/j.jhsa.2015.08.029.
10. Pöyhä TH, Nietosvaara YA, Remes VM, Peltonen JI, Lamminen AE. MRI of rotator cuff muscle atrophy in relation to glenohumeral joint incongruence in brachial plexus birth injury. *Pediatr Radiol.* 2005; 35(4): 402–9.
11. Duff SV, Dayanidhi S, Kozin SH. Asymmetrical shoulder kinematics in children with brachial plexus birth injury. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2007 Jul; 22(6): 630–8.
12. Greenhill DA, Lukavsky R, Tomlinson-Hansen S, Kozin SH, Zlotolow DA. Relationships Between 3 Classification Systems in Brachial Plexus Birth Palsy. *J Pediatr Orthop.* 2015 Dec 2. [en prensa].
13. Kawai H, Kawabata H, Masada K, Ono K, Yamamoto K, Tsuyuguchi Y, et al. Nerve repairs for traumatic brachial plexus palsy with root avulsion. *Clin Orthop Rel Res.* 1988; 237: 75–86.
14. Gharbaoui IS, Gogola GR, Aaron DH, Kozin SH. Perspectives on glenohumeral joint contractures and shoulder dysfunction in children with perinatal brachial plexus palsy. *J Hand Ther.* 2015 Apr-Jun; 28(2): 176–83; quiz 184. doi: 10.1016/j.jht.2014.12.001.
15. Kozin SH. Correlation between external rotation of the glenohumeral joint and deformity after brachial plexus birth palsy. *J Pediatr Orthop.* 2004; 24(2): 189–93.
16. Boon AJ, Smith J. Manual scapular stabilization: its effect on shoulder rotational range of motion. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000; 81: 978–83.
17. Donohue KW, Little KJ, Gaughan JP, Kozin SH, Norton BD, Zlotolow DA. Comparison of Ultrasound and MRI for the Diagnosis of Glenohumeral Dysplasia in Brachial Plexus Birth Palsy. *J Bone Joint Surg Am.* 2017 Jan 18; 99(2): 123–32. doi: 10.2106/JBJS.15.01116.
18. Crouch DL, Plate JF, Li Z, Saul KR. Computational sensitivity analysis to identify muscles that can mechanically contribute to shoulder deformity following brachial plexus birth palsy. *J Hand Surg Am.* 2014; 39: 303–11.
19. Pöyhä T, Lamminen A, Peltonen J, Willamo P, Nietosvaara Y. Treatment of shoulder sequelae in brachial plexus birth injury. *Acta Orthop.* 2011 Aug; 82(4): 482–8.
20. Ezaki M, Malungpaishrope K, Harrison RJ, Mills JK, Oishi SN, Delgado M, et al. Onabotulinum toxinA injection as an adjunct in the treatment of posterior shoulder subluxation in neonatal brachial plexus palsy. *J Bone Joint Surg Am.* 2010 Sep 15; 92(12): 2171–7.
21. Vathana T, Rust S, Mills J, Wilkes D, Browne R, Carter PR, et al. Intraobserver and interobserver reliability of two ultrasound measures of humeral head position in infants with neonatal brachial plexus palsy. *J Bone Joint Surg Am.* 2007 Aug; 89(8): 1710–5.
22. Bahm J. The Surgical Strategy to Correct the Rotational Imbalance of the Glenohumeral Joint after Brachial Plexus Birth Injury. *J Brachial Plex Peripher Nerve Inj.* 2016 Mar 30; 11(1): 10–7. doi: 10.1055/s-0036-1579763.
23. Ramos LE, Zell JP. Rehabilitation program for children with brachial plexus and peripheral nerve injury. *Semin Pediatr Neurol.* 2000 Mar; 7(1): 52–7.
24. Walsh SF. Treatment of a brachial plexus injury using kinesiotape and exercise. *Physiother Theory Pract.* 2010 Oct; 26(7): 490–6. doi: 10.3109/09593980903578872.
25. Russo SA, Rodriguez LM, Kozin SH, Zlotolow DA, Chafetz RS, Killelea CM, et al. Therapeutic Taping for Scapular Stabilization in Children With Brachial Plexus Birth Palsy. *Am J Occup Ther.* 2016 Sep-Oct; 70(5): 7005220030p1-7005220030p11. doi: 10.5014/ajot.2016.018903.