

Fisiopatología de las transposiciones tendinosas

S. SUSO VERGARA y P. GOLANO ALVAREZ

Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. (Prof. R. Ramón Soler.) Hospital Clinic. Universidad de Barcelona. Barcelona.

Resumen.—Las transposiciones tendinosas constituyen la base fundamental para la restauración de una función perdida en el miembro paralizado. Los buenos resultados de estas transposiciones requieren no sólo una técnica meticulosa, sino también un conocimiento del comportamiento de los tejidos involucrados en todo el proceso. Los factores que inciden en el resultado de una transposición tendinosa son: a) mecánicos (potencia muscular, trayecto tendinoso y fijación terminal); b) biológicos (irrigación de la transposición, nuevos planos de deslizamiento y cicatrices); c) individuales (edad, dolor y sensibilidad en mano, estado articular previo, antigüedad del proceso y reeducación), y d) técnicos (cirugía precisa y tensión apropiada de la transposición). En este trabajo se analizan los elementos fundamentales constituyentes de una transposición tendinosa: el músculo motor, el tendón transferido y su nuevo trayecto, la fijación del tendón y el estado de las articulaciones.

Palabras clave: Mano. Parálisis. Transposiciones tendinosas.

PHYSIOPATHOLOGY OF TENDON TRANSFERS

Summary.—Tendon transfer forms the fundamental base for restoring the function of a paralyzed limb. The good results of these transpositions not only require a meticulous technique but also knowledge of the reactions of the tissues and materials used in the process. The factors which have influence in a tendon transfer are: a) mechanical (muscular power, tendon course and terminal fixation); b) biological (irrigation of the transposition, new gliding planes and scars); c) individual (age, pain, hand sensibility, previous articular state, length of time of process and reeducation); d) technical (precise surgery, appropriate tension of the tendon transfer).

In this article the fundamental elements necessary in a tendon transposition, the motor muscle, the transferred tendon and its new course, the tendon fixation and the state of joints are analysed.

Key words: Hand. Paralysis. Tendon transfers.

Correspondencia:

Prof. S. SUSO.
Hospital Clinic.
Viladomat, 171.
08036 Barcelona.

INTRODUCCION

Se define como transposición tendinosa el acto quirúrgico de cambiar alguna inserción muscular a fin de desviar su acción, para diferenciarla de la transferencia de un músculo que consiste en la separación del mismo, de todas sus inserciones para colocarlo en otro lugar, bien libre de sus pedículos vasculonerviosos, bien pediculado. Las transposiciones tendinosas constituyen la base fundamental para la restauración de una función perdida en la mano paralizada. Los buenos resultados de estas transposiciones requieren no sólo una técnica meticulosa, sino también un conocimiento del comportamiento de los tejidos involucrados en todo el proceso. El objetivo de este trabajo es analizar los elementos constituyentes de una transposición tendinosa en la cirugía paliativa de la mano, el músculo motor, el tendón transpuesto y su fijación, así como la influencia del estado de la o las articulaciones afectadas por la transposición.

EL MUSCULO MOTOR

Desde el punto de vista mecánico, si el tendón es el órgano de transmisión, el músculo es el elemento motor. Es un elemento a la vez elástico y extensible, lo que permite que sus fibras se hallen en tensión, sea cual sea la posición de la articulación (músculos monoarticulares) o articulaciones (músculos poliarticulares) puenteadas.

Fuerza muscular. La fuerza muscular es proporcional a la superficie de sección del músculo, dicho de otra forma, al número de fibras, pero independiente de su longitud. La tensión que ejerce el músculo en elongación es mayormente debida al retroceso pasivo de las fibras elásticas y no a la contracción activa.^{8,10} Así pues, la fuerza del músculo se aumenta, aumentando el número de fibras del mismo, lo que es lo mismo, aumentando su área de sección, parámetro relacionado directamente con el ejercicio o trabajo al que está sometido.⁸ El trabajo mecánico de un músculo es igual al producto de la fuerza por el acortamiento del músculo, donde la fuerza es proporcional a la sección y el acortamiento a la longitud de las fibras. La sección y la longitud de las fibras

Tabla 1: Fuerza muscular (Ketchum).⁴³

| Dedos | II (kg) | III (kg) | IV (kg) | V (kg) |
|---|------------|-------------|------------|-----------|
| Flexor digitorum superficialis..... | 6,91 | 7,63 | 6,21 | 3,77 |
| Flexor digitorum profundus communis | 6,18 | 5,77 | 5,54 | 5,27 |
| Extensor digitorum communis | 5,98 | 4,47 | 4,38 | 3,94 |

definen el volumen del músculo, y así pues, el trabajo mecánico de un músculo es proporcional al volumen.¹¹ Así pues, las características a considerar en el músculo a transponer serán: a) su masa o volumen, que definirá su capacidad de trabajo; b) la longitud media de sus fibras musculares, proporcional a su excursión potencial, y c) su superficie de sección, proporcional a su fuerza o tensión.

Con una transposición tendinosa no se pretende reemplazar una fuerza perdida mediante una fuerza equivalente, sino restablecer un equilibrio alterado gravemente (*Balance operation* de Bunnell).⁴ A pesar de ello es de gran interés, antes de planear una transposición tendinosa, comparar la fuerza del músculo motor a transponer, con la de los músculos paralizados (Tablas 1-3). En cualquier caso la fuerza de la transposición debe adaptarse a la función que se desea obtener. Así, la fuerza del músculo a transponer utilizado para una función de presa debe ser más grande que la de un músculo utilizado para poner los dedos en extensión.

La excursión muscular. Otro aspecto a considerar es la capacidad del músculo de variar su longitud, de acercar sus extremos al contraerse, es decir, su excursión (Tabla 4). Esta capacidad representa un papel esencial en la acción que el músculo podrá ejercer una vez transpuesto.

Tabla 2: Fuerza muscular: % masa y tensión muscular (Brand, Beach y Thompson).¹⁰

| | Masa (%) | Tensión (%) |
|------------|-------------|----------------|
| FDS | 4,7 | 2 |
| FDPC | 4,4 | 2,7 |
| FCU | 5,6 | 6,7 |
| BR | 7,7 | 2,4 |
| EDC | 1,1 | 1 |
| FPL | 3,2 | 2,7 |
| PT | 5,6 | 5,5 |
| ECU | 4,2 | 4,1 |
| ECRL | 6,5 | 3,5 |
| ECRB | 5,1 | 4,2 |
| FCR | 4,2 | 4,1 |
| APL | 2,8 | 3,1 |
| EPL | 1,5 | 1,3 |
| EPB | 0,7 | 0,8 |

Análisis de 15 sujetos.

Tabla 3: Fuerza muscular (Brand).¹¹

| Músculo | kg-m |
|---|---------|
| Flexor digitorum superficialis | 4,2 |
| Flexor digitorum profundus communis | 4,5 |
| Flexor carpi ulnaris | 2 |
| Brachiorradialis | 1,9 |
| Extensor digitorum communis | 1,7 |
| Flexor pollicis longus | 1,2 |
| Pronator teres | 1,2 |
| Extensor carpi ulnaris | 1,1 |
| Extensor carpi radialis longus | 1,1 |
| Extensor carpi radialis brevis | 0,9 |
| Flexor carpi radialis | 0,8 |
| Abductor pollicis longus | 0,1-0,4 |
| Extensor pollicis longus | 0,1 |
| Extensor pollicis brevis | 0,1 |

a) *Músculos antagonistas:* Brand y cols.¹⁰ reconocieron que mucha parte de la tensión que puede ejercer un músculo elongado se debe a la liberación de energía potencial existente en el músculo por haber sido elongado por acción del músculo «opuesto» o antagonista. En realidad, no deberían llamarse opuestos ni antagonistas, sino paralelos o complementarios, ya que uno se retrae mientras el otro avanza,¹¹ permitiendo posiciones inestables que ninguno de ellos podría mantener por sí solo. Parece que un tercio del total del desplazamiento del tendón sería resultante de este estiramiento pasivo.⁴³

La utilización de los músculos antagonistas como transposiciones debe realizarse sin olvidar su efecto estabilizador funcional sobre las articulaciones próximas. Una ventaja de su utilización puede representarla con el mismo fundamento, el restablecimiento del equilibrio de fuerzas perdido por la parálisis. Por lo tanto, no hay que olvidar que hay que conservar un músculo antagonista potente para controlar los movimientos indeseables después de una transposición.

b) *Liberación muscular:* La liberación de los tejidos envolventes de las unidades musculotendinosas pueden aumentar la excursión muscular. Algunas de estas liberaciones pueden ser trascendentes, como en el brachiorradialis o el pronator teres.

Tabla 4: Amplitud máxima de excursión de tendones (Boyes).⁴

| Músculo | cm |
|------------|-----|
| FDS | 6,4 |
| FDPC | 7 |
| FCU | 3,3 |
| EDC | 4,5 |
| FPL | 5 |
| ECU | 3,3 |
| ECRL | 3,7 |
| ECRB | 3,7 |
| FCR | 4 |
| APL | 2,8 |
| EPL | 5,8 |
| EPB | 2,8 |

c) *Variaciones mecánicas del músculo transpuesto*: Se acepta desde el punto de vista práctico que un músculo transpuesto pierde un grado de la cotación internacional.⁸ Según Brand¹¹ este hecho se debería sobre todo a un aumento de las resistencias de las partes blandas que rodean la unión musculotendinosa. Este autor propone para reducir esta pérdida, se debe transponer también el tejido de deslizamiento paramuscular, así como realizar una correcta liberación de toda la transposición. En cualquier caso, se deben transponer exclusivamente músculos de estadio 5 y excepcionalmente 4, cuando los antagonistas sean asimismo débiles.⁹¹

d) *La espasticidad*: Para algunos autores la presencia de espasticidad severa representa una contraindicación absoluta para una transposición. Las técnicas de denervación parcial y las tenotomías parciales logran disminuir la tensión del músculo espástico, pudiendo hacerse más controlables para su transposición.

EL TENDON TRANSPUESTO

Desde el punto de vista mecánico, el tendón es el elemento de transmisión que está animado de un desplazamiento proporcional a la amplitud de contracción del músculo.¹¹ Otros factores que influyen en este desplazamiento son la longitud del tendón, los cambios de dirección alrededor de poleas de reflexión, las adherencias musculoponeuróticas y la libertad de deslizamiento del tendón, el cruce de una o más articulaciones y las características individuales de cada paciente.

Aunque las cifras son aproximadas, se puede generalizar diciendo que los músculos motores de la muñeca tienen un desplazamiento tendinoso de alrededor de 3,5 cm, el extensor digitorum communis y el flexor pollicis longus de unos 4,5 cm y los tendones de los flexor digitorum superficialis y del flexor digitorum profundus por encima de 6,5 cm (Tabla 4). Esta amplitud de deslizamiento puede variar sustancialmente cuando estos músculos son liberados de sus compartimentos aponeuróticos.

Longitud del tendón. La longitud necesaria para que una transposición alcance su nuevo lugar de inserción puede requerir un injerto u otra transposición tendinosa. Al riesgo nutricional de las plastias tendinosas se añade en estos casos el aumento de probables adherencias de las anastomosis. En cualquier caso, la calidad de las partes blandas estará relacionada con la supervivencia de los injertos tendinosos, así como con la formación de un tejido paratendinoso de desplazamiento funcional. Una solución a estos problemas es la utilización como plastia de prolongación del tendón o de los tendones de un músculo paralizado dejados *in situ*. Así se puede transponer el BR o el PT a los tendones de los flexores o extensores de los dedos, verdaderos «injertos *in situ*».

Dirección de la transposición. La dirección del tendón transpuesto debe ser lo más rectilínea posible, pues toda angulación del tendón disminuye la fuerza transmitida de una forma proporcional al ángulo. Cuando los cambios de dirección son necesarios, se hacen alrededor de poleas de reflexión, que pueden ser obstáculos anató-

micos o poleas de nueva creación. En ningún caso se realizarán dos o más cambios de dirección mediante nuevas poleas de reflexión para no agotar la fuerza del músculo motor de la transposición.

Planos de deslizamiento. Todas las cualidades mecánicas de un músculo *in situ* están influenciadas por las cualidades mecánicas de los tejidos blandos pasivos que lo rodean, los cuales tienen su propio perfil elástico.¹¹ Las partes blandas cicatriciales que rodean al tendón transpuesto muestran un aumento de resistencia y una disminución de la capacidad de deslizamiento. El tejido conectivo que envuelve a un tendón transpuesto está compuesto de un estrato o capa interna cicatricial que lo circunda y a la que se hace adherente. Alrededor de esta capa se encuentra el tejido conectivo vivo que se extiende desde el tendón a la cicatriz, a la cual se adhiere. No existe pues espacio sinovial, a menos que se pase el tendón a través de una vaina sinovial preexistente.

La mejor forma de reducir la resistencia de esta cicatriz que envuelve a una transposición consiste en ubicar al tendón en un trayecto de tejido conectivo vivo, bien vascularizado, no cicatricial, y que sea capaz de crear adherencias laxas que se desplacen con los movimientos del tendón. Para reducir las cicatrices, este trayecto puede ser labrado por tunelización cuidadosa, reduciendo así la disección abierta. Si el tendón transferido debe atravesar zonas esclerosas de mala calidad, se puede crear una vaina de deslizamiento artificial con la ayuda de un implante de silicona como los utilizados para los injertos de tendón, por la que a los 2-3 meses se hará pasar el tendón de la transposición.

Cruce articular. Las transposiciones pueden saltar una, dos o más articulaciones, o ser requeridas para realizar más de una función. La máxima efectividad de un tendón transferido se obtiene cuando cruza una sola articulación.

a) *Transposiciones poliarticulares*: Si el tendón transpuesto cruza más de una articulación, el efecto de la contracción muscular se llevará a cabo sobre la articulación proximal hasta que se haya completado la totalidad de su amplitud de movimiento, salvo que un músculo antagonista la estabilice. Si eso se produce, la acción de la transposición se transmitirá a la articulación distal. Esto justifica que la transposición del BR a la muñeca requiera la existencia de un tríceps activo, como estabilizador del codo, la articulación proximal. Para conseguir que las transposiciones sean efectivas se deben seleccionar cuidadosamente las artrodesis en articulaciones presumiblemente inestables. Así, por ejemplo, la transposición para oponente del pulgar, en las parálisis combinadas mediano-cubitales, suele ser mucho más funcional si se combina con la artrodesis MCF.^{4,91}

b) *Transposiciones a distintos dedos*: Una situación diferente se plantea cuando la transposición es requerida para realizar más de una función. Por ejemplo, cuando se transfiere el extensor carpi radialis longus a los cuatro tendones del FDP o cuando un tendón se divide tomando dos inserciones diferentes como, por ejemplo, si un tendón de un músculo se divide para oponer el pul-

gar y como transposición intrínseca del índice. La primera limitación a estas transposiciones es que las acciones de estas inserciones deben ser compatibles, ya que se realizarán conjuntamente. La segunda limitación es que la excursión requerida para ambos tendones ha de ser la misma, lo que se traduce también por la necesidad de que todas las articulaciones activadas por la transposición sean igualmente móviles. Si un dedo está rígido, hará inefectiva la transposición del ECRL al flexor profundo paralizado sobre los otros tres dedos.

FIJACION DEL TENDON

El último elemento de la cadena constitutiva de la transposición de un músculo lo constituye el anclaje distal del tendón transferido.

Las transposiciones tendinosas pueden fijarse directamente sobre el hueso. Se debe seleccionar un punto preciso de inserción, y en este punto deben suturarse lado a lado un pequeño tramo de los tendones transferidos y paralizados. En el punto de anclaje debe elevarse el periostio en forma de solapa para cubrir la inserción. Otro método de fijación es en un tendón receptor. En este caso se debe desconectar el tendón paralizado de su músculo y suturarlo directamente al tendón transferido. La amplitud del movimiento transmitido al tendón paralizado será tanto más grande cuanto menor sea el ángulo entre los dos trayectos tendinosos.⁹¹

El lugar escogido para la inserción del tendón transpuesto debe permitir que la dirección de tracción del músculo-tendón sea lo más parecido a una línea recta. La mayoría de los músculos y tendones son paralelos a los huesos y el ángulo de aproximación entre el tendón transferido y su inserción es pequeño. En los flexores de los dedos, para mantener bajo este grado de aproxima-

ción se requiere la integridad de las poleas. Desde el punto de vista de la mecánica articular, cuanto más distal sea la inserción, mayor será el brazo de palanca y en consecuencia aumentará la acción del tendón.¹¹

ESTADO DE LAS ARTICULACIONES

Se debe insistir en la importancia de la movilidad y de la estabilidad dinámica de las articulaciones afectadas por una transposición musculotendinosa. Una articulación laxa afectada por la inserción de una transposición tendinosa presenta un alto riesgo de evolucionar a una actitud viciosa. Es por ello que es necesario estabilizar estas articulaciones bien por ligamentoplastias, capsulodesis o artrodesis. La existencia de una buena movilidad pasiva de las articulaciones afectadas por una transposición es una condición previa para el buen resultado funcional. El mantenimiento de la movilidad tras la lesión nerviosa mediante la fisioterapia pasiva es, pues, obligado. Todos los gestos movilizadores, quirúrgicos o no, deben ser previos a la transposición.^{4,91}

El defecto de estabilización de una articulación creado por la utilización como transposiciones de tendones que la cruzan, representa un riesgo a valorar antes de estas operaciones. Así, por ejemplo, el riesgo de defecto de estabilidad de la muñeca que se puede crear al transponer todos sus tendones flexores propios para lograr la extensión del pulgar y de los dedos. Esta falta de estabilidad puede a su vez comprometer el efecto mecánico de la transposición, por cuanto el defecto de estabilización de la muñeca en flexión compromete la extensión de los dedos. Por otra parte, es necesario estabilizar las articulaciones proximales para que las distales puedan funcionar libremente. Este es un ejemplo de la doble función, movilizadora y estabilizadora, de las transposiciones musculotendinosas.¹¹