

Trasplante del músculo pectoral mayor para el restablecimiento de la flexión del codo en lesiones postraumáticas del plexo braquial

Robert Hierner^a y Alfred Berger^b

Resumen

Objetivo

Restablecimiento de la flexión activa del codo como condición fundamental para la actividad bimanual mediante sustitución de una unidad muscular afuncional por una transposición muscular funcional con pedículo neurovascular.

Indicaciones

Segunda opción de tratamiento (la primera opción es la transposición bipolar del músculo dorsal ancho según Zancolli y Mitre, la transferencia proximal de los músculos flexor y pronador en el húmero distal/transferencia de Steindler o la transposición del tríceps sobre el bíceps):

– Restablecimiento (secundario) de la flexión activa del codo en lesiones del plexo braquial o del nervio musculocutáneo.

– Sustitución del flexor del codo en caso de pérdida primaria de masa muscular (traumatismo, tumor).

Contraindicaciones

Posible mejoría de la parálisis por reinervación espontánea o después de una intervención neuroquirúrgica. Anquilosis del codo postraumática o artrósica (si el hombro y la mano funcionan correctamente, puede considerarse la posibilidad de una artrólisis o incluso una prótesis articular).

Grado de fuerza insuficiente del músculo pectoral mayor (debe ser como mínimo de M4).

Lesiones de la arteria axilar que incluyen la arteria toracoacromial.

Contraindicación relativa: lesión concomitante de los músculos dorsal ancho y redondo mayor (ausencia de aducción en la región del hombro [función de pinza toracohumeral]).

Técnica quirúrgica

Transposición muscular distal: transposición del origen (porción abdominal, porción esternocostal y porción clavicular [transferencia unipolar o bipolar, parcial o completa]):

– Transposición unipolar parcial del músculo pectoral mayor según Clark.

– Transposición bipolar parcial del músculo pectoral mayor según Schottstaedt et al.

– Transposición bipolar completa del músculo pectoral mayor según Dautry et al o Carroll y Kleinmann, eventualmente en combinación con el músculo pectoral menor.

– Plastia de colgajo con músculo y piel si existe además un defecto cutáneo.

Transposición tendinosa proximal: transposición de los tendones del músculo pectoral.

Tratamiento postoperatorio

Inmovilización mediante férula braquial dorsal, un vendaje de Gilchrist o una ortesis de abducción toracobraquial en flexión de 90° y supinación durante 6 semanas. Movilización progresiva después de 6 semanas: se realizarán ejercicios de extensión pasiva y flexión activa del codo con la férula hasta alcanzar la máxima amplitud de movimiento posible. Al final del 3.^{er} mes todavía quedará una carencia de extensión residual de unos 30-40° (incremento paulatino de la carga, sobre todo cuando se trata de musculatura reinervada). Aunque el objetivo del tratamiento debe ser la extensión completa del codo, no siempre es posible lograrla en todos los pacientes. Con frecuencia se acepta una limitación permanente de la extensión a cambio de una flexión más fuerte del codo. Se continuará con la fisioterapia durante 12-18 meses. Se realizará asimismo presoterapia postoperatoria habitual, combinada eventualmente con un tratamiento de la cicatriz (apósito de silicona).

^aCirugía plástica, reparadora, estética y de la mano, Centro de cirugía reparadora interdisciplinaria, reimplantación, microcirugía, moldeado, tratamiento de cicatrices y quemaduras, Hospital Universitario de Essen, Universidad de Duisburg-Essen, Alemania.

^bProfesor emérito, Clínica de cirugía plástica, reparadora y de la mano, Centro de grandes quemados de la Facultad de Medicina de Hannover, Alemania.

Resultados

La comparación de los resultados de seis de nuestros pacientes operados con los descritos en la bibliografía demuestra que cabe esperar una flexión adecuada del codo tanto respecto al rango de movimiento (flexión del codo > 120°) como al rendimiento de fuerza (movimiento en toda su amplitud con un peso de al menos 1,5 kg en la muñeca) en un 54%-86% de los pacientes. Además, la tasa de complicaciones es baja.

Palabras clave

Músculo pectoral mayor. Plastia de colgajo con pedículo neurovascular. Restablecimiento de la flexión del codo. Miembro superior. Hombro. Brazo. Codo. Lesión del plexo braquial. Parálisis.

Operat Orthop Traumatol 2009;21:126-40

Notas preliminares

El músculo pectoral mayor es apropiado para la transferencia musculotendinosa funcional:

– El músculo pectoral mayor consta de tres partes anatómicamente bien diferenciadas: la porción clavicular, la porción esternocostal y la porción abdominal.

– El músculo pectoral mayor suele poseer una función residual suficiente (> M3; en algunas porciones) cuando la parálisis del plexo braquial no es completa, dado que está inervado desde las cinco raíces del plexo braquial³² (C5-T1).

– El músculo pectoral mayor está irrigado de forma constante y abundante por la arteria toracoacromial. Cada uno de los segmentos pectorales dispone de vascularización e inervación propias, de manera que es posible realizar la transposición por separado. Constituyen unidades vasculares y reconstructivas autónomas^{28,31}.

– En cuanto al resultado funcional, se ha demostrado la utilidad de desplazar el músculo pectoral mayor completo. En ocasiones, en la preparación de los nervios pectorales mediales puede ser necesario incluir el músculo pectoral menor en la transferencia⁴⁴.

– Los vasos perforantes miocutáneos abastecen de forma fiable un área cutánea constante encima del músculo pectoral mayor^{2,12,15,24}.

– Si la indicación se ha establecido con exactitud, en aproximadamente un 54%-86% de los pacientes se obtiene un resultado funcional excelente o bueno en la zona receptora (extensión/ flexión: 0-30-150°, fuerza 1-4,5 kg).

– Si la función del hombro es normal, el defecto funcional en la zona donante está sorprendentemente reducido en cuanto a la flexión, la rotación interna y la aducción del hombro. En caso de parálisis del hombro, la transferencia deberá realizarse sólo si se ha efectuado una artrodesis en la articulación glenohumeral⁴³ o si la función residual de los músculos dorsal ancho y redondo mayor (pinza toracoacromial), así como del músculo subescapular (rotación interna), es suficiente.

– El defecto estético de la zona donante es muy considerable. Además de quedar una cicatriz larga, el contorno se deforma debido a la pérdida del pliegue axilar anterior y se generan asimetrías mamarias. Estas últimas son especialmente pronunciadas tras una plastia de colgajo miocutáneo^{17,23}.

Anatomía quirúrgicamente pertinente

El músculo pectoral mayor deriva del grupo de flexores del miembro superior y parte de la mitad esternal de la clavícula (porción clavicular), del esternón y de las costillas (1)2-7 (porción esternocostal), así como de la hoja anterior de la vaina aponeurótica del recto (porción abdominal). Las fibras de la porción esternocostal y de la porción abdominal transcurren por debajo de los haces de fibras de la porción clavicular y se unen en dirección proximal con la cresta del tubérculo mayor. La porción clavicular se inserta en dirección distal y provoca la flexión en la articulación glenohumeral. La porción esternocostal y la porción abdominal participan en la rotación interna y aducción en la articulación glenohumeral^{2,31,42}.

En la tabla 1 se resumen los parámetros físicos importantes para la transposición muscular: la capacidad de trabajo²⁶ (en mkg) y la longitud de las fibras musculares³⁰ (en cm).

Cada uno de los segmentos pectorales dispone de una vascularización e inervación propias, de manera que es posible realizar la transferencia por separado. El músculo pectoral mayor es un músculo de tipo IV según la clasificación de Mathes y Nahai²⁹, con un pedículo vascular dominante (arteria toracoacromial) y tres pedículos vasculares secundarios^{12,15,33} (rama pectoral de la arteria torácica lateral, ramas perforantes de la arteria mamaria interna, ramas perforantes de las arterias intercostales 5-7; fig. 1).

El reflujo venoso se produce a través de pares de venas concomitantes. El diámetro de la rama pectoral venosa es de 3 mm.

La porción clavicular y las partes superiores de la porción esternocostal están inervadas por los nervios pectorales laterales (C5-C7), que parten del fascículo lateral y cruzan en dirección ventral la arteria y la vena axilares. Junto con los nervios pectorales mediales forman el asa de los pectorales y abastecen también partes del músculo

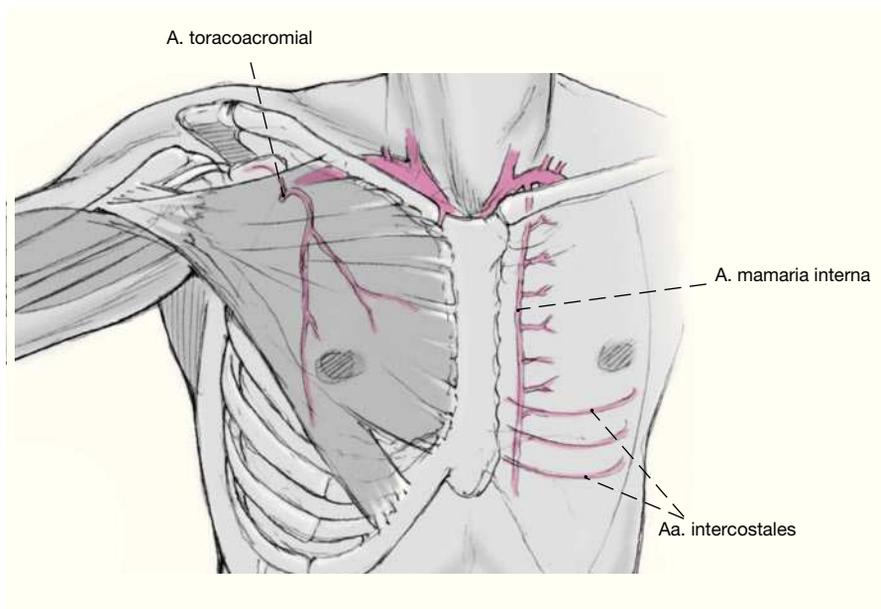
Tabla 1
Capacidad de trabajo y longitud de las fibras musculares del músculo pectoral mayor.

	Capacidad de trabajo en mkg (según Lanz y Wachsmuth ²⁶)			Total
	Porción clavicular	Porción esternocostal	Porción abdominal	
Flexión (70°)	0,8	0	0	0,8
Extensión (37°)	1,1	2,8	< 0,1	3,9
Abducción (88°)	1,2	9,5	0,5	11,2
Aducción (8°)	0,2	0,4	< 0,1	0,6

Longitud de las fibras musculares (según Matory et al ³⁰)	
5-7 cm	11 cm

pectoral menor. La porción esternocostal y la porción abdominal están inervadas por los nervios pectorales mediales (C8-T1), que parten del fascículo medial y discurren entre la arteria y la vena axilares hacia la cara posterior del músculo pectoral menor, donde se dividen en varias ramas finales²⁸.

Figura 1
Vascularización del músculo pectoral mayor y de la piel suprayacente.



Principios quirúrgicos y objetivos

Existen varias posibilidades de sustitución de los flexores del codo (músculo bíceps braquial y músculo braquial) por el músculo pectoral mayor. Dependiendo de la parte del músculo pectoral mayor que se sutura con el tendón distal del bíceps, se distingue entre la transposición tendinosa proximal y la transposición muscular distal:

1. Transposición tendinosa proximal: transposición del tendón del músculo pectoral mayor. Esta técnica fue descrita por primera vez en 1917 por Schulze-Berge³⁷. Dado que la fijación del tendón pectoral con el músculo bíceps braquial parético es problemática, se describieron posteriormente numerosas modificaciones^{2,8,18,22,25}. En la bibliografía angloamericana esta transferencia fue publicada por Brooks y Seddon⁸.
2. Transposición muscular distal: transposición del origen (porción abdominal, porción esternocostal y porción clavicular [transferencia unipolar o bipolar, parcial o completa]). Esta técnica fue descrita originalmente por Clark¹³. Inicialmente sólo se usaba la porción esternocostal inferior del músculo pectoral mayor como sustitución del bíceps conservando la inserción humeral, a modo de una transposición muscular parcial. Para mejorar la fijación distal se levantaba posteriormente una parte de la vaina aponeurótica anterior del recto³⁸. Para aumentar la fuerza, Schottstaedt et al³⁶ introdujeron la transposición bipolar. La separación de la inserción humeral y la reinserción en la zona de la apófisis coracoides permiten mejorar la tensión muscular inicial y enderezar anatómicamente el recorrido de la tracción

muscular, lo que incrementa el desarrollo de fuerza. Asimismo, se transponen los dos tercios distales (porción abdominal, porción esternocostal) del músculo pectoral. El mayor diámetro muscular también contribuye a un mayor desarrollo de fuerza. Puesto que el tercio proximal restante del músculo pectoral (porción clavicular) efectúa una aducción y una rotación interna simultáneas en la articulación glenohumeral, se produce, en ausencia de una rotación externa activa (parálisis del músculo infraespinoso y del músculo redondo menor en el caso de una lesión parcial del plexo C5/C6), una notable limitación de la flexión activa del codo. Existen varias soluciones posibles para este problema¹¹: sustitución de los rotadores externos por transposición de los tendones del músculo dorsal ancho y del músculo redondo mayor, estabilización de la articulación glenohumeral por artrodesis o transposición del músculo pectoral mayor completo¹⁴. Para aumentar el desarrollo de la fuerza, Carroll y Kleinmann¹⁰ desplazaron el nuevo origen muscular desde la apófisis coracoides en dirección lateral a la zona del acromion. Así se endereza la dirección de la tracción. Puesto que a menudo uno de los dos pedículos neurovasculares discurre a través de este músculo, resulta ventajoso en esta situación desplazar también el músculo pectoral menor⁴⁴.

Este artículo aborda únicamente la transposición muscular distal. La transposición tendinosa proximal sólo se menciona con el fin de ofrecer una visión completa de las técnicas.

Ventajas

- El tipo de vascularización es adecuado (clase IV según Mathes y Nahai²⁹) para la plastia de colgajo muscular pediculado.
- Alta fiabilidad.
- Escaso gasto de material.
- La plastia de colgajo es idónea para el trasplante muscular funcional (estructuras tendinosas proximales y distales para el anclaje, vasos y nervios motores suficientemen-

te grandes, diámetro muscular grande [→ fuerza] y excursión suficiente [→ amplitud de movimiento]).

Desventajas

- El recorrido de los pedículos neurovasculares en la zona del músculo pectoral menor es inconstante. Para conservar la inervación y la circulación sanguínea a menudo es necesaria una transposición conjunta parcial o completa del músculo pectoral menor.

- Defecto funcional importante en la zona donante para la aducción del hombro en caso de que falten los músculos dorsal ancho y redondo mayor y no se realice una artrodesis glenohumeral.

- Defecto estético importante en la zona donante (defecto de contorno por pérdida del pliegue axilar anterior, alteración de la simetría corporal a causa de la cicatriz). En las mujeres se producen asimetrías mamarias.

- El músculo desplazado pierde su función original a causa de la intervención.

- Será necesario realizar ejercicios especiales para reeducar la nueva función de la musculatura transferida. La nueva función creada mediante la intervención sólo podrá mejorarse y aprovecharse de forma útil con un tratamiento fisioterapéutico y ergoterapéutico intensivo y prolongado. Un tratamiento postoperatorio inadecuado puede provocar un resultado funcional deficiente, aunque la operación haya sido un éxito.

Indicaciones

- Segunda opción de tratamiento para el restablecimiento de la flexión activa del codo. Debido a la mayor sencillez de la preparación, el menor defecto funcional y estético de la zona donante y la mayor excursión muscular, en general se prefiere la transferencia bipolar del músculo dorsal ancho según Zancolli y Mitre⁴⁶. Si ésta no es factible, deberá estudiarse primero la posibilidad de efectuar una transferencia de Steindler (modificada). Puesto que en la transferencia de Steindler el desarrollo de fuerza es considerablemente menor que en la transferencia del músculo pectoral mayor, esta última deberá contemplarse siempre como alternativa —especialmente en varones—, aunque deberá advertirse del aspecto poco estético de la cicatriz y del defecto de contorno en la zona donante^{1,5,9,21,34}. Si no es posible la abducción o flexión del hombro > 90°, también puede efectuarse la transposición del músculo tríceps sobre el músculo bíceps. Esta última técnica deberá considerarse en los adultos, sobre todo en el caso de contracciones simultáneas molestas del bíceps y el tríceps.

Contraindicaciones

- Lesiones de la arteria axilar que incluyen la arteria toracoacromial.
- Fuerza muscular del músculo pectoral mayor < M3.
- Parálisis del hombro sin artrodesis glenohumeral.
- Mujeres (contraindicación relativa; deberá comentarse con la paciente la alteración estética de la región mamaria).

Información para el paciente

- Riesgos quirúrgicos generales tales como hemorragia, infección, etc.

- Riesgos específicos de la extracción del colgajo y la transposición (véase también el apartado Errores, riesgos y complicaciones):

- Necrosis cutáneas en la zona donante (sobre todo cuando la cicatrización postraumática es pronunciada).

- Resultado estético en la zona donante (cicatriz larga en la zona del tórax): cuando se prepara un colgajo miocutáneo del músculo pectoral mayor, se produce una deformación del pezón, con la consiguiente asimetría mamaria. Puesto que el músculo pectoral mayor define el pliegue axilar anterior, tras la transposición queda un defecto de contorno con pérdida del pliegue axilar anterior.

- Necrosis cutánea en el área comprendida entre las zonas donante y receptora (sobre todo tras extensos traumatismos de alta energía y en caso de existir un puente cutáneo fino entre el defecto y la zona de extracción).

- Necrosis cutáneas en la zona receptora (muy poco frecuentes).

- Necrosis parcial o completa del colgajo (sobre todo tras extensos traumatismos de alta energía con afectación del pedículo vascular).

- Desarrollo de fuerza insuficiente tras la intervención: si se transpone un músculo con un grado de fuerza preoperatorio < M3, existe el riesgo de que no se desarrolle suficiente fuerza después de la intervención. La inervación puede empeorar con la intervención por una lesión yatrógena directa al realizar la preparación y por la tracción posterior a la transposición muscular.

- Desgarro del anclaje distal en la zona del tendón del bíceps o proximal en la zona de la apófisis coracoides o de la clavícula: la realización de una fisioterapia posterior correcta y la colocación de una férula adecuada son tan importantes como la intervención en sí. El paciente debe disponer del tiempo suficiente para realizar el largo tratamiento postoperatorio.

- La extensión del codo no es completa: la extensión completa del codo debe ser el objetivo del tratamiento, pero no siempre es posible lograrla en todos los pacientes. Con frecuencia se acepta una limitación permanente de la extensión a cambio de una flexión más fuerte del codo¹.

Preparación de la intervención

- Comprobación clínica de la movilidad articular activa y pasiva en las zonas del codo y del hombro y documentación de los resultados con el método neutral-cero. La movilidad pasiva del codo debe ser libre, puesto que las con-

tracturas provocan una pérdida significativa de movimiento y fuerza e incluso el fracaso de la transferencia muscular.

- Comprobación clínica de la fuerza²² de toda la musculatura del hombro y del brazo, especialmente de los músculos previstos para la sustitución. Además de una amplitud de movimiento suficiente, la cirugía reparadora secundaria también deberá restablecer una fuerza suficiente (diámetro muscular). Al igual que en todas las transferencias musculotendinosas, en el caso de la transferencia del músculo pectoral mayor también se ha comprobado la utilidad de entrenar el músculo antes de la intervención mediante una fisioterapia intensiva. La fisioterapia preoperatoria permite al paciente aprender a tensar el músculo pectoral mayor de forma consciente y aislada³⁵. Debido a la transposición y a la inmovilización posterior, el músculo pierde un grado de fuerza. Antes de la intervención deberá comprobarse la estabilidad del hombro. En caso de inestabilidad o parálisis, debe decidirse individualmente qué intervención adicional se realizará simultáneamente o después de la transposición del pectoral.

- El programa habitual incluye también radiografías del hombro y de la articulación del codo en dos planos. En caso de defectos postraumáticos con lesión de la arteria axilar o de cirugías vasculares previas, deberá realizarse una angiografía preoperatoria.

- El campo quirúrgico se afeitará inmediatamente antes de la intervención.

Instrumental

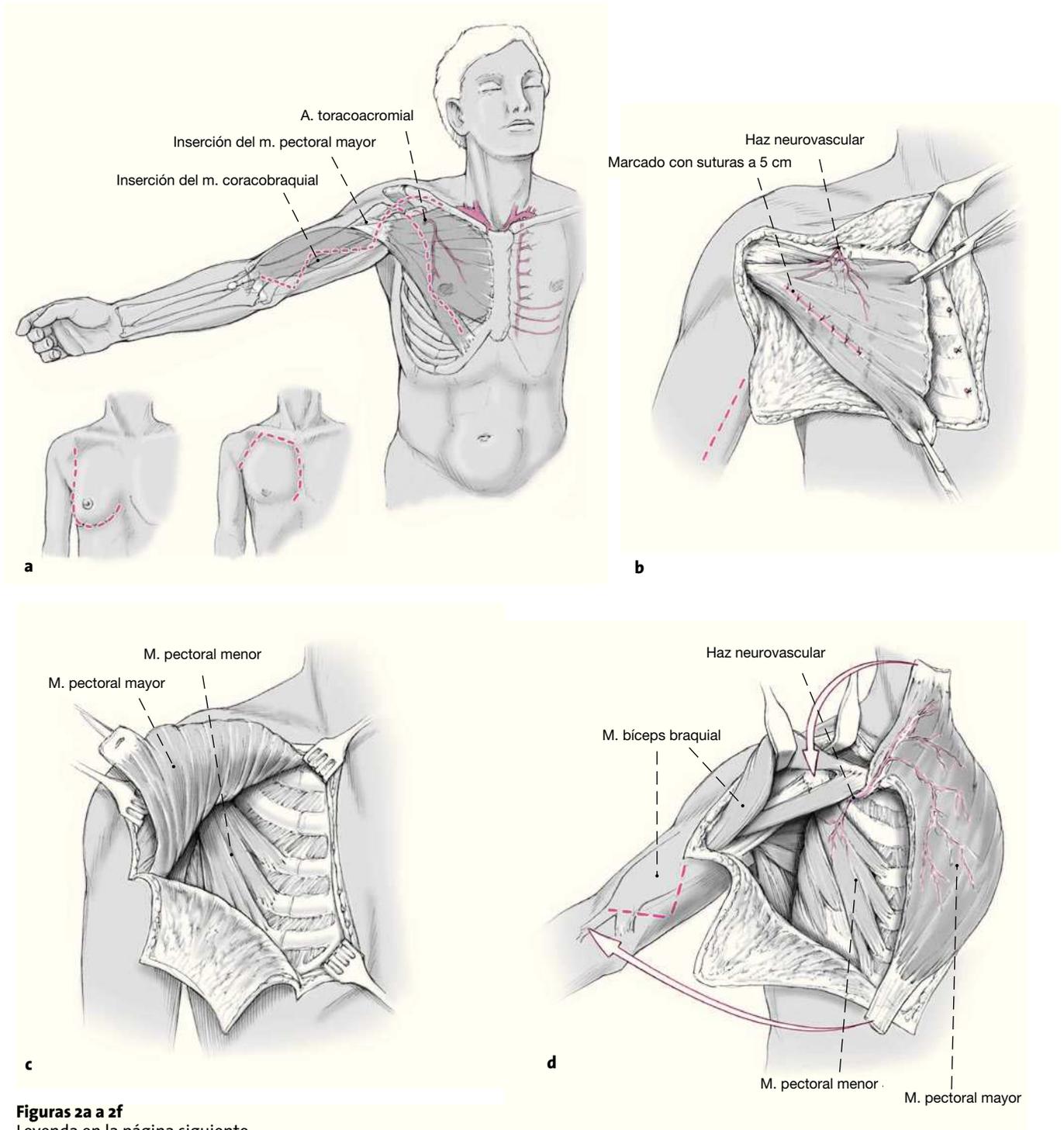
- Bastará con un instrumental ortopédico básico para cirugía de mano e intervenciones óseas y de las partes blandas y cintas de goma. No se precisa instrumental especial. Para la preparación segura de los pedículos neurovasculares deberán emplearse gafas de aumento (de cuatro a seis aumentos).

Anestesia y posición del paciente

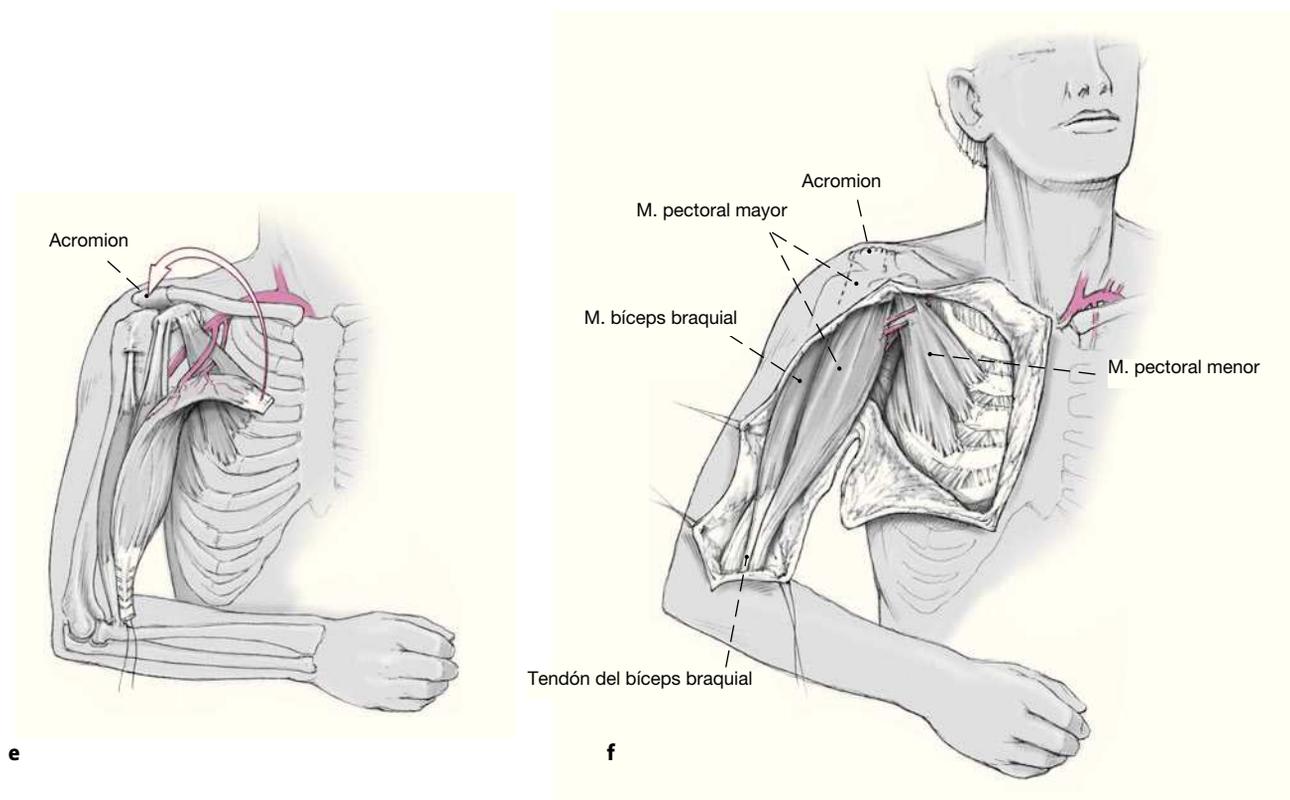
- La intervención se efectuará en decúbito supino y bajo anestesia por intubación. El brazo afectado se colocará lateralmente sobre la mesa de mano. El campo quirúrgico comprende todo el hemitórax y el miembro superior.

Técnica quirúrgica

Figuras 2 a 4



Figuras 2a a 2f
Leyenda en la página siguiente.



Figuras 2a a 2f

Transposición muscular distal: transposición del origen del m. pectoral: porción abdominal, porción esternocostal y porción clavicular (transferencia distal unipolar o bipolar, parcial o completa).

Para la presentación de las estructuras en las zonas donante (tórax) y receptora (brazo) se practican dos incisiones cutáneas. En el tórax, la incisión se extiende hacia distal desde el acromion hasta la séptima costilla a lo largo del borde axilar del músculo pectoral mayor. En las mujeres, esta incisión deberá discurrir por la zona del pliegue submamario. Alternativamente, puede practicarse una incisión paralela debajo de la clavícula y paraesternal hacia distal. De este modo se facilita la visualización, aunque también aumenta el riesgo de una cicatrización inadecuada (cicatriz hipertrófica, queloides).

En el brazo, se practica una incisión anterior recta o sinuosa para la exposición del tendón distal del bíceps. Para simplificar el procedimiento, pueden unirse las dos incisiones (a).

A continuación se presenta el músculo pectoral mayor. La piel que cubre el músculo se disecciona hasta el esternón. Debe efectuarse una hemostasia cuidadosa.

Tras la colocación de las marcas de sutura (distancia de 5 cm) para determinar la tensión muscular inicial en reposo, puede liberarse el músculo de la pared torácica y de la clavícula (b). Se comienza por el extremo distal en la zona de la porción abdominal. Para mejorar la refijación del músculo, se traslada conjuntamente una parte de la hoja anterior de la vaina aponeurótica del recto. En la preparación desde caudal hacia craneal deberán ligarse las ramas perforantes de la arteria torácica interna.

Durante la preparación hacia proximal debe conservarse el pedículo neurovascular, que discurre por la cara inferior

del músculo pectoral mayor. Dado que es frecuente que el pedículo neurovascular inferior (nervios pectorales mediales y vasos colaterales) atraviese el músculo pectoral menor, pueden surgir problemas en la preparación. En estos casos se lleva a cabo una división del músculo pectoral menor o una transferencia parcial, en la que la porción no transferida conserva más o menos su función. Basándose en esta experiencia y teniendo en cuenta que el músculo pectoral menor, aunque adecuado para ser transferido solo²⁷, es demasiado débil, Tsai et al⁴⁴ describieron la transposición combinada de ambos músculos para el restablecimiento de la flexión activa del codo.

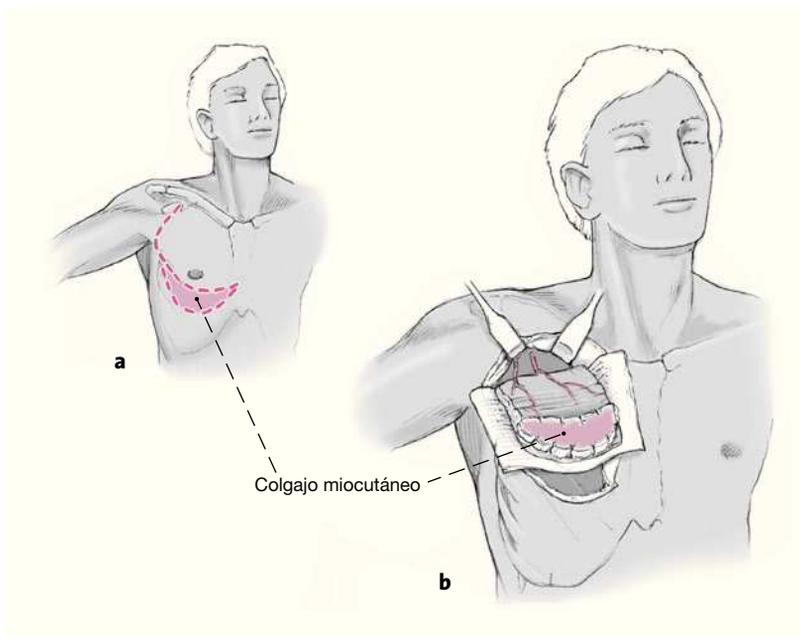
Finalmente se secciona la inserción humeral del músculo pectoral mayor cerca de la cresta del tubérculo mayor. El vientre muscular voluminoso se conforma cilíndricamente y el músculo pediculado se gira 90° en el sentido de las agujas del reloj (c). Una vez obtenido el colgajo muscular, se forma un túnel subcutáneo en la zona del brazo dividiendo, en caso necesario, la fascia braquial. Tras seccionar la aponeurosis bicipital se expone el tendón distal del bíceps. La resección del músculo bíceps paralítico sólo está indicada en situaciones excepcionales. La porción del tendón distal del bíceps se necesita para fijar el músculo pectoral, por lo que deberá conservarse (d). El músculo pectoral se coloca en su nueva posición vigilando que el haz neurovascular discurra sin tensión ni presión. En primer lugar se realiza el anclaje distal. La porción de la hoja anterior de la vaina aponeurótica del recto se entrelaza con el tendón distal del bíceps con suturas no reabsorbibles. Para la refijación proximal, la articulación del codo se mantiene en flexión de aproximadamente 130° a fin de lograr una tensión inicial suficiente (e).

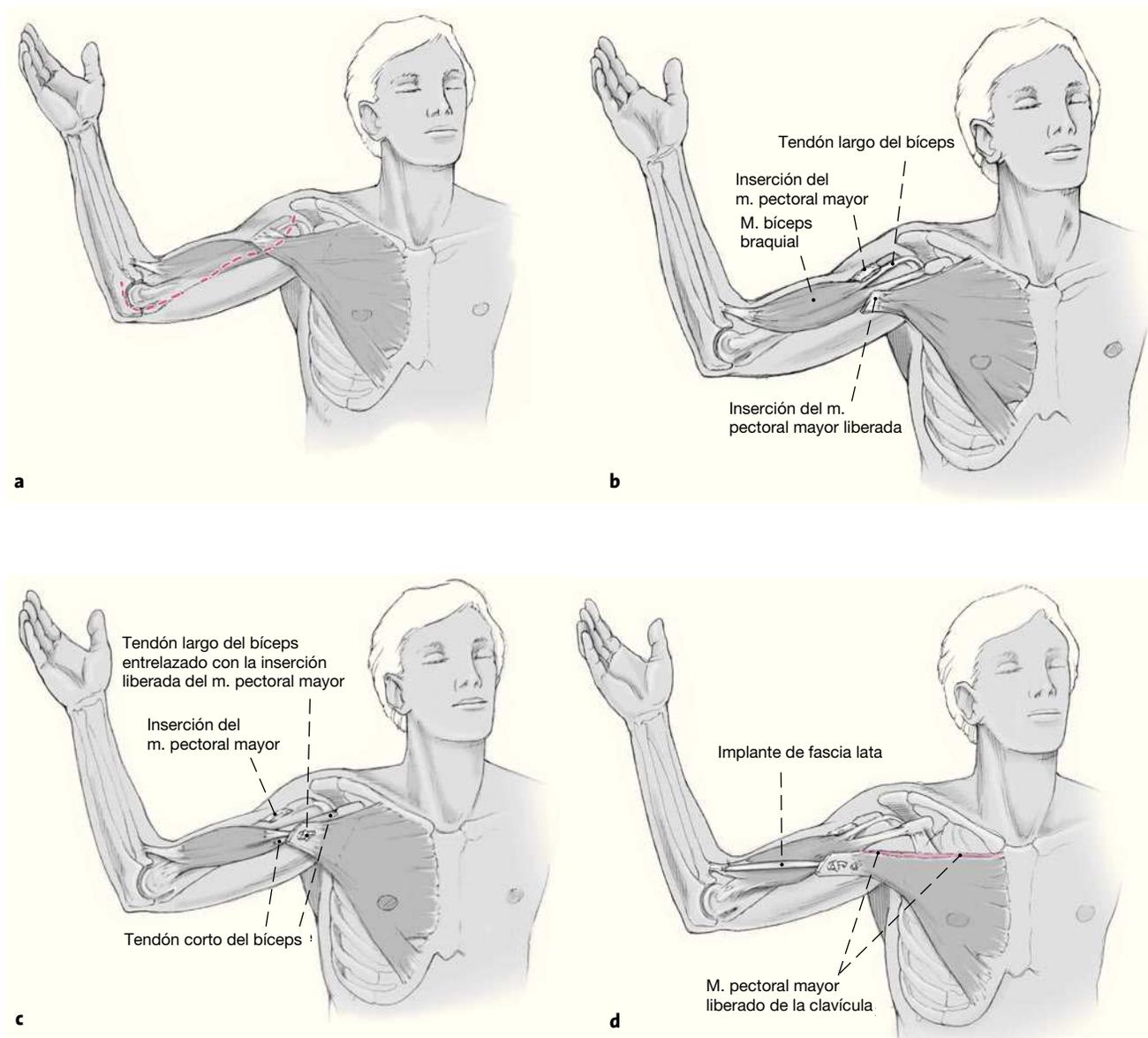
La tensión muscular inicial en reposo quedará restablecida cuando las suturas marcadoras colocadas al comienzo de la intervención vuelvan a encontrarse a una distancia de 5 cm. El tendón del músculo pectoral mayor se refija en la zona del acromion, la clavícula periférica o la apófisis coracoides con material de sutura no reabsorbible. Por último, debe controlarse de nuevo la tensión del pedículo neurovascular en la parte craneal de la incisión cutánea a lo largo del tórax. Tras colocar los correspondientes drenajes de Redon en las zonas donante y receptora, se cierra la herida por capas y se aplica un vendaje compresivo estéril.

En la zona de la axila se coloca una compresa para evitar que el sudor provoque una maceración excesiva. La inmovilización postoperatoria se realizará con una férula de escayola en el brazo, un vendaje de Gilchrist o una ortesis de abducción toracobraquial con el codo en flexión de 90° y supinación (descarga de las suturas distales) y un vendaje en el hombro (para evitar la abducción del hombro) durante 6 semanas. La ortesis o férula de escayola del brazo debe colocarse bajo anestesia, ya que durante la extubación el paciente puede realizar movimientos incontrolados y arrancar la transferencia. Para el reposo postoperatorio en cama se colocará un cojín debajo del codo.

Figuras 3a y 3b

Variante – transferencia de un colgajo miocutáneo del pectoral mayor. El área cutánea del colgajo del músculo pectoral se encuentra entre la línea paraesternal y la línea axilar anterior y se extiende proximalmente desde la clavícula hasta el arco costal en sentido distal. La localización, el tamaño y la forma pueden elegirse libremente. En el hombre deberá conservarse el pezón, y en la mujer la mama completa. Por esta razón, la isla cutánea se dibuja en el varón por debajo del pezón, y en la mujer en la zona del pliegue submamario. La isla cutánea seleccionada se encuentra en la zona del borde lateral del músculo y es abastecida por las ramificaciones terminales de la rama pectoral de la arteria toracoacromial, que penetran en la piel por el borde inferior del músculo^{2,15,24} (a). Al elevar el colgajo miocutáneo debe prestarse especial atención a fin de respetar estas conexiones. Para evitar que las fuerzas de cizallamiento sean demasiado grandes, la isla cutánea se sutura sobre el músculo subyacente mediante suturas absorbibles (b).





Figuras 4a a 4d

Variante – transposición tendinosa proximal: transposición de los tendones del músculo pectoral mayor según Brooks y Seddon⁸. En esta intervención se transpone únicamente la inserción humeral del músculo pectoral mayor hasta la cabeza larga del músculo bíceps braquial. La incisión discurre desde la fosa cubital, en la zona del surco bicipital, hacia la apófisis coracoides. El tendón del pectoral mayor se libera del húmero, en proximidad de su inserción ósea, y se movilizan los tendones de la cabeza larga del bíceps (a).

En la técnica original se mantienen intactos los orígenes clavicular, esternocostal y abdominal del músculo. La transmisión de fuerza se efectúa a través de la porción proximal del tendón y del vientre del músculo bíceps braquial degenerado (b). Debido a las propiedades mecánicas inconstantes del tejido muscular degenerado, no se obtienen resultados funcionales uniformes⁴¹ (c). Al liberar la porción clavicular, el tendón del músculo pectoral mayor puede suturarse directamente con el tendón distal del bíceps³ (d).

Tratamiento postoperatorio

• Inmovilización postoperatoria: la inmovilización postoperatoria se efectúa siguiendo las mismas pautas que en el desplazamiento proximal del músculo pectoral mayor.

• Retirada del drenaje en la zona donante: a las 24-48 h.

• Movilización: dependiendo de los dolores postoperatorios, pueden iniciarse ejercicios de flexión isométricos pasivos (rango de 90-140°) de forma temprana. Al cabo de 6 semanas se iniciarán ejercicios activos y pasivos con la férula. Cada semana se aumentará 10° la extensión de la férula. Al final del tercer mes todavía debe permanecer un déficit de extensión residual de unos 30-40°. Aunque la extensión completa del codo debe ser el objetivo del tratamiento, no siempre es posible lograrla en todos los pacientes. Con frecuencia se acepta una limitación permanente de la extensión a cambio de una flexión más fuerte del codo. Se continuará la fisioterapia durante 12-18 meses.

• Tratamiento postoperatorio del colgajo y de la cicatriz: transcurrida una semana, tratamiento con crema hidratante para la piel. Una vez cerrada totalmente la herida, la presoterapia con silicona, utilizada ampliamente en el tratamiento de quemaduras, es el tratamiento de elección para la cicatriz. Dependiendo del tamaño del defecto, pueden usarse apósitos de silicona de diferentes marcas comerciales (Cica-Care®, Smith and Nephew, Dermatix®, Valeant Pharmaceuticals Germany GmbH) o almohadillas de silicona hechas a medida. Tras aumentar progresivamente el tiempo de uso (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 h), deberá realizarse la presoterapia combinada con apósitos de silicona durante 6-12 meses⁴⁵ (clínicamente hasta que el color en la zona de la cicatriz y del trasplante cutáneo cambie de rojo a blanco).

Errores, riesgos y complicaciones

• Compresión del pedículo neurovascular: después de la transposición del músculo pectoral mayor a la región braquial, deberá comprobarse la situación del pedículo neurovascular libre de tensiones o impedimentos. Antes del cierre de la herida, deberá controlarse el flujo sanguíneo en el músculo. Si no existen suficientes signos de irrigación, deberá comprobarse la tensión del músculo y, en caso necesario, reducirse por flexión adicional del codo.

• Tensión excesiva del músculo: la tensión excesiva del músculo tras la transposición conduce a una notable limitación funcional, sobre todo cuando se trata de un músculo esquelético regenerado. Hemos comprobado que, al igual que en todos los trasplantes musculares funcionales, resulta conveniente marcar con hilos la tensión muscular inicial en reposo antes de colocar el músculo en su posi-

ción^{16,28}. Así, al suturarlo después de la transposición se podrá recuperar de forma segura esta tensión inicial.

• Tensión insuficiente del músculo: una tensión inicial insuficiente del músculo también reduce notablemente la función, ya que la fuerza activa (fuerza de contracción) de un músculo viene determinada por la cantidad de cabezas de miosina que se unen y se desplazan sobre los filamentos de actina. Si la tensión muscular inicial es demasiado baja, puede aumentarse, y por lo tanto también la fuerza, en una intervención secundaria mediante acortamiento proximal o distal⁶.

• Necrosis cutáneas en la zona donante: a la hora de planificar la incisión cutánea deberán tenerse en cuenta las cicatrices y los daños tisulares previos. Pueden aparecer necrosis de la punta del colgajo, aunque éstas no requieren generalmente ninguna intervención quirúrgica adicional. En casos de necrosis cutáneas extensas, será necesario realizar una cobertura secundaria. Debido al traumatismo quirúrgico añadido y a la correspondiente inmovilización prolongada, habrá que contar con cierta pérdida funcional.

• Necrosis parcial y total del colgajo: gracias a la buena vascularización, las necrosis del colgajo, parciales o totales, raramente ocurren en el músculo sano. Si la perfusión del colgajo está restringida, en tan sólo 3 horas se produce un daño muscular irreversible con pérdida funcional. Tras una isquemia (caliente) prolongada ya no se podrá contar con un resultado funcional, por lo que será necesario considerar otro método para el restablecimiento de la función flexora activa del codo²⁰ (trasplante muscular funcional libre).

• Necrosis cutánea en la zona receptora: en particular cuando el colgajo se pasa a través de un túnel, puede ocurrir que la vascularización de la piel separada de la superficie inferior (colgajo en puente) ya no sea suficiente. Puesto que la necrosis cutánea resultante se encuentra por encima del músculo perfectamente vascularizado, el cierre de la herida no es problemático. A ser posible se realizará una plastia de colgajo cutáneo pediculado, puesto que el injerto cutáneo simple de espesor parcial provoca la adhesión de los surcos de deslizamiento.

• Un incremento demasiado rápido de la carga después de la intervención daña el músculo transpuesto: los músculos regenerados son menos resistentes debido a la mayor tasa de fibrosis, la menor masa muscular y la inervación reducida. Se realizarán ejercicios de extensión pasiva y flexión activa del codo con la férula hasta alcanzar la máxima amplitud de movimiento posible. Al final del tercer mes todavía debe permanecer un déficit de extensión residual de unos 30-40° (incremento paulatino de la carga, sobre todo cuando se trata de musculatura reinervada). Aunque la ex-

tensión completa del codo debe ser el objetivo del tratamiento, no siempre es posible lograrla en todos los pacientes. Con frecuencia se asume una limitación permanente de la extensión a cambio de una flexión más fuerte del codo. Se continuará la fisioterapia durante 12-18 meses.

Resultados

Zona receptora

Los colgajos del pectoral mayor presentan una anatomía constante y son robustos. Por su amplia inervación este músculo se utiliza con frecuencia en lesiones parciales. En general, tras la transposición muscular se obtiene un restablecimiento fuerte de la flexión del codo, aunque la preparación del pedículo neurovascular puede resultar más complicada que con el músculo dorsal ancho debido a las características menos constantes. En las mujeres, esta transferencia se usa con reservas a causa del aspecto poco estético de la cicatriz. Puesto que el músculo pectoral mayor también determina la función de pinza toracohumeral, este músculo sólo debe utilizarse si el músculo dorsal ancho o el músculo redondo mayor permite realizar la aducción activa del brazo contra la pared torácica, o si tras la artrodesis glenohumeral la musculatura escapulotorácica desempeña esta función^{7,34}.

Un metaanálisis de la bibliografía refleja que sólo se dispone de series pequeñas y no homogéneas en cuanto a los siguientes aspectos: la etiología (lesiones del plexo, pérdida muscular traumática directa, poliomielitis, artrogriposis, etc.), la situación de partida (pérdida completa de la flexión del codo/M0, pérdida parcial de la flexión del codo/M1, M2), la técnica de transposición (transposición unipolar parcial según Clark¹³, transposición bipolar parcial según Schottstaedt et al³⁶, transposición bipolar completa según Dautry et al¹⁴ o Carroll y Kleinmann¹⁰, transposición bipolar completa con el músculo pectoral menor según Tsai et al⁴⁴, transferencia tendinosa proximal unipolar completa del pectoral mayor según Brooks y Seddon⁸) y las intervenciones adicionales (cirugía reparadora de la rotación externa del hombro por transposición del músculo dorsal ancho y del músculo redondo mayor, artrodesis glenohumeral).

Para normalizar la valoración de los resultados funcionales se utiliza la clasificación según Segal et al³⁹:

- Excelente: contracción fuerte en todo el rango de movimiento (0-0-> 120°).
- Bueno: movimiento activo en contra de la gravedad con un rango de movimiento útil (0-60-> 120°).
- Satisfactorio: movimiento activo en contra de la gravedad con un rango de movimiento útil (0-60-< 120°).

- Deficiente: ausencia de movimiento activo en contra de la gravedad o rango de movimiento inadecuado.

Los resultados obtenidos después de la transposición muscular distal, es decir, de la transposición del origen (porción abdominal, porción esternocostal, porción clavicular), se valoran de muy diversas maneras:

Los pacientes sometidos a una transferencia unipolar parcial del pectoral mayor según Clark alcanzan, en proporciones aproximadamente iguales, resultados funcionales (54%: 17% excelente, 37% bueno) y no funcionales (46%: 33% satisfactorio, 13% deficiente).

Los pacientes con una transferencia bipolar completa del pectoral mayor logran en el 86% de los casos un resultado excelente (55%) o bueno (31%) (amplitud media del movimiento de extensión/flexión: 0-20-150°, levantando entre 1 y 4,5 kg). La proporción de resultados no funcionales (satisfactorio: 7%, deficiente: 7%) alcanza un 14%.

En cada uno de nuestros seis pacientes se transpuso un músculo pectoral mayor regenerado, produciéndose en tres casos, respectivamente, una regeneración espontánea o una regeneración tras la neurotización intraplexual (trasplante nervioso de la raíz C6). El grado de fuerza del músculo antes de la transposición era en todos los casos de M4. El tiempo transcurrido entre el accidente y la transferencia muscular fue como mínimo de 2 años. Si la movilidad pasiva está conservada, no existe ningún límite temporal superior. En dos pacientes, uno con regeneración espontánea y otro con regeneración tras una neurotización extraplexual, se obtuvo un resultado excelente (5 y 7 kg con una amplitud de movimiento de 0-20-140° y 0-30-150°, respectivamente). El control de la función del codo era excelente. En dos pacientes con regeneración espontánea se registró un resultado bueno (3 y 3,5 kg con una amplitud de movimiento de 0-30-115° y 0-40-120°, respectivamente). En dos pacientes con regeneración del músculo pectoral mayor tras una neurotización extraplexual sólo se consiguió un resultado discreto (flexión del codo contra la gravedad < 90°).

Los resultados de la transposición tendinosa proximal, es decir, de la transposición del tendón del músculo pectoral mayor, presentan una gran variabilidad. Si no se tiene en cuenta la publicación de Solomons y Cvitanich⁴¹, que refleja un número extraordinariamente elevado de resultados excelentes, se obtienen resultados excelentes en un 13%, buenos en un 26% (39% funcionales), satisfactorios en un 26% y deficientes en un 35% (61% no funcionales). Si se incluye la serie de Solomons y Cvitanich⁴¹, se obtiene el siguiente resultado: 34% excelente, 19% bueno, 19% satisfactorio y 28% deficiente (tabla 2).

Tabla 2

Resultados de la transposición del músculo pectoral mayor para el restablecimiento de la flexión activa del codo.

Autores	Número de transferencias	Indicación	Técnica quirúrgica	Resultado
Transposición muscular distal: transposición del origen (porción abdominal, porción esternocostal, porción clavicular [transferencia distal unipolar o bipolar, parcial o completa])				
Clark ¹³	1	1x pérdida muscular	Unipolar parcial	1x bueno
Seddon ³⁸	16	1x poliomielitis	Unipolar parcial	7x bueno
		1x artrogriposis		8x satisfactorio
Segal et al ³⁹	17	14x plexo braquial	Unipolar parcial	1x deficiente
		5x poliomielitis		7x excelente
		12x plexo braquial		1x bueno
				7x satisfactorio
				2x deficiente
Truchet y Perreau ⁴³	1	1x plexo braquial	Unipolar parcial	1x bueno
Guilleminet y Cognat ¹⁹	4	4x plexo braquial	Unipolar parcial	1x excelente
				3x deficiente
Holtman et al ²³	7	7x plexo braquial	Unipolar parcial	7x bueno
	46			8x excelente
				17x bueno
				15x satisfactorio
Schottstaedt et al ³⁶	(8) 7*	1x plexo braquial	Bipolar parcial	6x deficiente
		2x aplasia muscular congénita		1x excelente
		2x poliomielitis		4x bueno
		2x artrogriposis		2x satisfactorio
Dautry et al ¹⁴	7	7x plexo braquial	Bipolar completa	7x excelente
Carroll y Kleinmann ¹⁰	4	2x plexo braquial	Bipolar completa	3x excelente
		2x artrogriposis		1x deficiente
Botte y Wood ⁷	5	4x plexo braquial	Bipolar completa	1x excelente
		1x pérdida muscular		1x bueno
				3x satisfactorio
Matory et al ³⁰	7	7x plexo braquial	Bipolar completa	4x excelente
				3x bueno
Ghahremani y Khosravi Nejad ¹⁷	(7) 6*	5x plexo braquial	Bipolar completa	5x excelente
		1x nervio musculocutáneo		1x satisfactorio
		1x pérdida muscular		
Resultados propios	6	6x plexo braquial	Bipolar completa	2x excelente
				2x bueno
				2x deficiente
	42			23x excelente
				13x bueno
				3x satisfactorio
				3x deficiente
Transposición tendinosa proximal: transposición de los tendones del músculo pectoral				
Brooks y Seddon ⁸	10		Unipolar completa	3x bueno
				2x satisfactorio
				5x deficiente
Segal et al ³⁹	8	3x poliomielitis	Unipolar completa	2x excelente
		5x plexo braquial		3x satisfactorio
				3x deficiente
Beaton et al ⁴	5	5x plexo braquial	Unipolar completa	1x excelente
				1x satisfactorio
Solomons y Cvitanich ⁴¹	9	9x plexo braquial	Unipolar completa	8x excelente
				1x deficiente
	32			11x excelente
				6x bueno
				6x satisfactorio
				9x deficiente

*1 paciente sin seguimiento.

Zona donante

La pérdida del músculo pectoral mayor completo debilita la flexión y la rotación interna en la articulación glenohumeral. Si se conserva una parte del músculo, el defecto funcional de la zona donante es escaso.

En pacientes con una lesión del plexo braquial, la evaluación del defecto funcional resultante en la zona donante depende de la función en la zona del hombro. Si la función del hombro es normal, la función de pinza toracohumeral (aducción en la articulación glenohumeral) se mantiene a un nivel suficiente gracias a la actividad del músculo dorsal ancho y el músculo redondo mayor. En caso de parálisis del hombro, la transposición del músculo pectoral mayor provoca la pérdida de la función de pinza toracohumeral, lo que supone una merma enorme para el paciente con una lesión del plexo braquial¹.

El defecto estético en la zona donante del colgajo del músculo pectoral mayor es considerable. Además de la pérdida del pliegue axilar anterior, casi siempre se producen deformaciones mamarias en el lado afectado que alteran la simetría. Además, las cicatrices suelen ser llamativas.

El defecto de la zona donante tras la plastia de colgajo miocutáneo es muy pronunciado y sólo está justificado cuando, por motivos funcionales y de seguridad, es imprescindible cubrir el defecto con varias capas.

Bibliografía

- Alnot J-Y, Oberlin C. Transferts musculaires dans les paralysies de la flexion du coude et de l'extension du coude. Techniques chirurgicales. In: Tubiana R, éd. *Traité de chirurgie de la main*, tome 4. Paris: Masson, 1991:162-75.
- Ariyan S. The pectoralis major myocutaneous flap: a versatile flap for reconstruction in the head and neck. *Plast Reconstr Surg* 1979;63:73-81.
- Atkins RM, Bell MJ, Sharrard WJW. Pectoralis major transfer for paralysis of elbow flexion in children. *J. Bone Joint Surg Br* 1985;67:640-4.
- Beaton DE, Dumont A, Mackay MB, et al. Steindler and pectoralis major flexorplasty: a comparative analysis. *J Hand Surg [Am]* 1995;20:747-56.
- Berger A, Flory P-J, Schaller E. Muscle transfer in brachial plexus lesions. *J Reconstr Microsurg* 1990;6:113-5.
- Blix M. Die Länge und die Spannung des Muskels. *Scand Arch Physiol* 1894;5:149-206.
- Botte MJ, Wood MB. Flexorplasty of the elbow. *Clin Orthop* 1989;254:110-6.
- Brooks DM, Seddon HJ. Pectoral transplantation for paralysis of the flexors of the elbow. *J Bone Joint Surg Br* 1995;41:36-43.
- Brüser P, Noever G. Welches Ergebnis können wir nach einer Bizeps-Ersatzoperation erwarten? *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1988;20:211-7.
- Carroll RE, Kleinmann WB. Pectoralis major transplantation to restore elbow flexion to the paralytic limb. *J Hand Surg* 1979;4:501-7.
- Comtet JJ. Mobilité et stabilité de l'épaule. In: Tubiana R, éd. *Traité de chirurgie de la main*, tome 4. Paris: Masson, 1991: 100-13.
- Cormack GC, Lamberty BGH. *The arterial anatomy of skin flaps*, 2nd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1994.
- Clark JMP. Reconstruction of biceps brachii by pectoral muscle transplantation. *Br J Surg* 1946;34:180-1.
- Dautry F, Apoil A, Moinet F, et al. Paralysie radicaire supérieure du plexus brachial, traitement par transposition musculaire associée. *Rev Chir Orthop* 1977;63:399-407.
- Freeman JL, Walker EP, Wilson JSP, et al. The vascular anatomy of the pectoralis major myocutaneous flap. *Br J Plast Surg* 1981;34: 3-10.
- Freilinger G, Frey M. Funktionelle Muskeltransplantation. In: Weber U, Greulich M, Sparmann M. Hrsg. *Orthopädische Mikrochirurgie*. Stuttgart: Thieme, 1993:147-71.
- Ghahremani S, Khosravi Nejad AA. Restoring elbow flexion by pectoralis major transplantation in war-injured patients. *Microsurgery* 1996;17:97-101.
- Goldner JL. Tendon transfer for irreparable peripheral nerve injuries at the upper extremity. *Orthop Clin North Am* 1974; 5:343-75.
- Guilleminet M, Cognat M. Remote result of a transplantation of the pectoralis major for paralysis of the flexors of the elbow. *Lyon Chir* 1959;55:753-4.
- Hierner R, Berger A. Freie funktionelle Muskeltransplantation im Bereich der oberen Extremität. In: Berger A, Hierner R, Hrsg. *Plastische Chirurgie, Bd IV: Extremitäten*. Berlin-eidelberg: Springer, 2008:289-317.
- Hierner R, Berger A, Kleinschmidt L. Läsionen des Plexus brachialis. In: Martini AK, Hrsg. *Orthopädie und orthopädische Chirurgie, Bd V: Ellbogen und Hand*. Stuttgart: Thieme, 2003:8.8-47.
- Hohmann G. Ersatz des gelähmten Biceps brachii durch den Pectoralis major. *Munch Med Wochenschr* 1918;45:1240-1.
- Holtman B, Wray RC, Lowrey R, et al. Restoration of elbow flexion. *Hand* 1975;7:256-61.
- Hueston JT, McConchie HA. A compound pectoral flap. *Aust N Z J Surg* 1968;38:61-3.
- Lange F. *Die epidemische Kinderlähmung*. München: Lehmann, 1931.
- Lanz T von, Wachsmuth W. *Praktische Anatomie*, 1. Bd/3. Teil: Arm, 2. Aufl. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer, 1959.
- LeCoeur P. Procédés de restauration de la flexion du coude paralytique par transplantation du petit pectoral. *Rev Chir Orthop* 1967;53:357-72.
- Mantelou RT, McKee NH, Vettese T. An anatomical study of the pectoralis major muscle as related to functioning free muscle transplantation. *Plast Reconstr Surg* 1980;65:610-5.
- Mathes SJ, Nahai F. *Reconstructive surgery – principles, anatomy & technique*. New York: Churchill Livingstone, 1997.
- Matory WE, Morgan WJ, Breen T. Technical considerations in pectoralis major transfer for treatment of the paralytic elbow. *J Hand Surg [Am]* 1991;16:12-8.
- Morain WD, Colen LB, Hutchings JC. The segmental pectoralis major muscle flap: a function preserving procedure. *Plast Reconstr Surg* 1985;75:825-30.
- Narakas A. Examen du patient et de la fonction des divers groupes musculaires du membre supérieur. Critères d'évaluation des résultats. In: Alnot JY, Narakas A, eds. *Les paralysies du plexus brachial*. Paris: Expansion Scientifique Française, 1989:49-64.
- Reid CD, Taylor GI. The vascular territory of the acromiothoracic axis. *Br J Plast Surg* 1984;37:194-212.
- Richards RR. Operative treatment of irreparable lesions of the brachial plexus. In: Gelbermann RH, ed. *Operative nerve repair and reconstruction*. Philadelphia: Lippincott, 1992:1303-27.

35. Rüdiger J. Motorische Ersatzoperationen der oberen Extremität, Bd 1: Schultergürtel, Oberarm, Ellbogen. In: Buck-Gramcko D, Nigst H, Hrsg. Bibliothek für Handchirurgie. Stuttgart: Hippokrates, 1991:1-102.
36. Schottstaedt ER, Larsen LJ, Bost FC. Complete muscle transposition. J Bone Joint Surg Am 1955;37:897-918.
37. Schulze-Berge V. Ersatz der Beuger des Vorderarmes (Bizeps und Bra-chialis) durch den Pectoralis major. Dtsch Med Wochenschr 1917;43:433.
38. Seddon HJ. Transplantation of pectoralis major for paralysis of the elbow. Proc R Soc Med 1949;43:837.
39. Segal A, Seddon HJ, Brooks DM. Treatment of paralysis of the flexors of the elbow. J Bone Joint Surg Br 1959;41:44-50.
40. Sharzer LA, Kalisman M, Silver CE, et al. The parasternal paddle: a modification of the pectoralis major myocutaneous flap. Plast Reconstr Surg 1981;67:753-62.
41. Solomons M, Cvitanich M. A one-stage shoulder arthrodesis and Brooks Seddon pectoralis major to biceps tendon transfer for upper brachial plexus injuries. J Hand Surg Eur 2007;32:18-23.
42. Tobin GR. Pectoralis major segmental anatomy and segmentally split pectoralis major flap. Plast Reconstr Surg 1985;75:814-24.
43. Truchet P, Perreau J. Paralysis of brachial plexus: arthrodesis of the shoulder and transplantation of the muscle pectoralis major for flexion of the elbow. Lyon Chir 1952;47:248-9.
44. Tsai TM, Kalisman M, Kleinert HE. Restoration of elbow flexion by pectoralis major and pectoralis minor transfer. J Hand Surg 1983;8:186-90.
45. Van den Kerckhove E, Hierner R, Degreef H, et al. Possibilities and results of scar and compression treatment after free flap surgery. Chirurgica 2006;101:27.
46. Zancolli E, Mitre H. Latissimus dorsi transfer to restore elbow flexion. An appraisal of eight cases. J Bone Joint Surg Am 1973;55:1265-75.

Correspondencia

Univ.-Prof. Dr. Robert Hierner
Cirugía Plástica, Reparadora, Estética y de la Mano,
Centro de Cirugía Reparadora Interdisciplinaria,
Reimplantación, Microcirugía, Moldeado Corporal,
Tratamiento de Cicatrices y Quemaduras
Hospital Universitario de Essen
Universidad de Duisburg-Essen
Hufelandstrasse 55
D-45147 Essen (Alemania)
Tel.: (+49/201) 723-1303; fax: -5629
Correo electrónico: robert.hierner@uk-essen.de