



Facultad de Medicina
Universidad Zaragoza

TRABAJO DE FIN DE GRADO EN MEDICINA

“TRATAMIENTO DE LA FRACTURA
COMPLEJA DE CODO MEDIANTE
ARTROPLASTIA TOTAL”

"TREATMENT OF COMPLEX ELBOW
FRACTURE BY TOTAL ARTHROPLASTY"

AUTOR:

DANIEL BARAZA CEBRIÁN

TUTOR:

Dr JUAN JOSÉ SEVILLA TIRADO



FACULTAD DE MEDICINA
CURSO 2023-2024

ÍNDICE

RESUMEN (Palabras clave)	1
ABSTRACT (Key words)	1
JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	2
ABREVIATURAS	2
INTRODUCCIÓN	3
Fracturas del húmero distal en adultos	3
Fracturas de capitellum	4
Fracturas de los epicóndilos (medial y lateral)	5
Fracturas de cúbito proximal en adultos.....	5
Olécranon	5
Apófisis coronoides	6
Fracturas de radio proximal en adultos	7
ARTROPLASTIA TOTAL DE CODO	8
Complicaciones	10
REVISIÓN DE CASOS	12
DISCUSIÓN.....	14
CONCLUSIONES	14
AGRADECIMIENTOS	15
BIBLIOGRAFÍA	16

RESUMEN

Las fracturas alrededor de la articulación de la articulación del codo pueden ser producidas tanto por traumatismos de baja como de alta energía. Afectan al húmero distal, olécranon, cabeza del radio o a una combinación de los anteriores. Las fracturas complejas del codo complican la reducción y su posterior fijación por lo que en ocasiones es necesario recurrir en su tratamiento a la realización de una artroplastia total de la articulación. Esta cirugía debe evitarse en pacientes de corta edad dada la limitación funcional que produce, estando únicamente indicadas en situaciones en la que sea imposible la osteosíntesis debido al estado de conminución de la articulación.

Palabras clave: Fractura, codo, artroplastia.

ABSTRACT

Fractures around the elbow joint can occur following low or high energy trauma. They involve the distal humerus, olecranon, radial head or a combination of these. Complex elbow fractures complicate reduction and subsequent fixation and sometimes require total joint arthroplasty. This surgery should be avoided in young patients due to the functional limitation it produces, and is only indicated in situations in which osteosynthesis is impossible due to the state of the joint.

Key words: Fracture, elbow, arthroplasty.

JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Las fracturas periarticulares y conminutas de codo presentan una escasa incidencia en nuestro medio, siendo muy poco frecuente la necesidad de recurrir a la sustitución articular como técnica quirúrgica. La artroplastia total de codo representa una razonable opción quirúrgica en fracturas complejas del codo incluso en pacientes de no muy avanzada edad. En este trabajo se lleva a cabo un repaso de las distintas fracturas de la articulación de codo y el empleo de la artroplastia como opción terapéutica en su tratamiento, así como evaluar la funcionalidad y estabilidad de la articulación tras la aplicación del tratamiento quirúrgico. Para ello se va a realizar un estudio retrospectivo basado en pacientes heridos de guerra en el conflicto de Ucrania que presentan severas lesiones en la articulación del codo con pérdida de stock óseo. Se proporcionan datos de la historia clínica y radiológicos de pacientes, todos ellos varones, atendidos desde el mes de mayo de 2022 hasta el mes de noviembre de 2023 en el Hospital General de la Defensa en Zaragoza (HGDZ). El objetivo final es poder aplicar una técnica de reconstrucción articular alternativa a la artrodesis o amputación en estos complejos casos clínicos.

ABREVIATURAS

HGDZ: Hospital General de la Defensa en Zaragoza

OTA: Orthopaedic Trauma Association

IRPLV: Inestabilidad rotatoria posterolateral en valgo

IRPMV: Inestabilidad rotatoria posteromedial en varo

ARCD: Articulación radiocubital distal

RAFI: Reducción abierta y fijación interna

EMO: Extirpación de material de osteosíntesis

MATERIAL Y MÉTODO

Para la elaboración de este trabajo, se ha llevado a cabo una búsqueda bibliográfica acerca del tratamiento de la fractura compleja de codo mediante artroplastia total. Para ello se han realizado búsquedas en bases de datos biomédicas, centrándonos en Pubmed sobre todo y Cochrane, utilizando la combinación mediante operadores booleanos de los siguientes términos MeSH: "Elbow", "Elbow fractures", "Total elbow arthroplasty", "Complex elbow fractures", y sus equivalentes en castellano. También se han consultado bases de datos multidisciplinares como serían Web of Science, Scopus y Google académico utilizando los mismos criterios de búsqueda.

Con el objetivo de acotar la búsqueda, se han aplicado los siguientes criterios:

- Idioma: español e inglés.
- Términos MESH principales: "Elbow fractures" AND "Total elbow arthroplasty"

Se ha buscado mantener estos filtros en las búsquedas y, además, dentro de lo posible, elegir los artículos más recientes sin dejar otros que, aunque algo más antiguos proporcionaban información interesante y útil.

En cuanto a los casos clínicos fueron proporcionados por mi tutor, en colaboración con el Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatológica del Hospital General de la Defensa de Zaragoza de manera pseudominizada.

En cuanto a las consideraciones éticas, la Evaluación por el Comité de Ética en la Investigación de la Comunidad de Aragón (CEICA), dado que se incluía dentro de los trabajos consistentes exclusivamente en ``una revisión bibliográfica, usando datos obtenidos a partir de una base de datos anonimizados, o consistente en el análisis de casos clínico sin interacción o intervención sobre el sujeto, o basado en disección sobre cadáver´´, no se consideró necesaria la evaluación ética.

INTRODUCCIÓN

El codo es una compleja articulación en la que intervienen tres estructuras óseas: el húmero, el cúbito y el radio. Las fracturas del codo se pueden dividir en fracturas del húmero, de la cabeza del radio, del olécranon y aquellas en las que se ven envueltas varias estructuras como son la fractura-luxación de Monteggia o la “triada terrible de codo”.

FRACTURAS DE HÚMERO DISTAL EN ADULTOS

Dentro de este tipo de fracturas se engloban aquellas que se encuentran ubicadas en el cuadrado de Müller, es decir, aquel cuyo lado es la distancia entre los cóndilos en la radiografía anteroposterior. Las fracturas del húmero distal tienen su epicentro dentro de él.

Tiene una incidencia relativamente baja en adultos, ya que representan solamente el 2% de todas las fracturas y en torno a un 30% de las fracturas de húmero corresponden al húmero distal, aunque actualmente su frecuencia está aumentando.¹ Presenta una distribución bimodal según su mecanismo lesional: por un lado, en varones jóvenes encontramos fracturas complejas supraintercondíleas, conminutas, por traumatismos de alta energía; por otro, traumatismos indirectos o directos de baja energía en el anciano con hueso osteoporótico.²

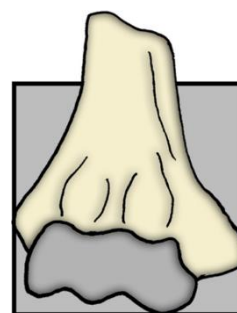


Figura 1. Cuadrado de Muller

Existen distintas clasificaciones para describir las fracturas del húmero distal, siendo la clasificación de la AO/OTA (Orthopaedic Trauma Association) la más empleada:³

- **TIPO A: Extraarticular.**
 - A1 – Fractura extraarticular, avulsión apofisaria
 - A2 – Fractura extraarticular, metafisaria simple
 - A3 – Fractura extraarticular, metafisaria multifragmentaria
- **TIPO B: Articular Parcial.**
 - B1 – Fractura articular parcial, externa sagital
 - B2 – Fractura articular parcial, interna sagital
 - B3 – Fractura articular parcial, frontal (coronal)
- **TIPO C: Articular Completa.**
 - C1 – Fractura articular completa, articular simple, metafisaria simple
 - C2 – Fractura articular completa, articular simple, metafisaria compleja
 - C3 – Fractura articular completa, articular y metafisarias complejas

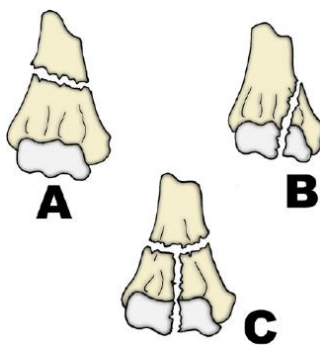


Figura 2. Tipos de fractura distal de húmero

▪ **TIPO A (10%): FRACTURAS EXTRAARTICULARES.**

- SUPRACONDÍLEAS: Según su mecanismo lesional pueden producirse:
 - Por extensión: En este tipo se debe descartar una posible lesión de la arteria braquial o del nervio mediano. Clínicamente, puede confundirse con una luxación posterior de codo. Cabe destacar que el fragmento distal se desplaza hacia atrás, produciendo una angulación posterior de la fractura.
 - Por flexión: Estas son muy raras y con frecuencia se asocian a fracturas abiertas. Es rara la lesión vascular y producen una imposibilidad para la extensión del codo. El fragmento distal se ve desplazado hacia delante y la fractura se presenta en flexión y valgo.
- DIACONDÍLEAS (o transcondíleas): Son muy parecidas a las anteriores, pero se diferencian en que estas tienen el trazo de fractura localizado más distal, muy cerca de la superficie articular. Se produce sobre todo por extensión forzada en ancianos. En ellas encontramos la fractura de Posadas, que es un subtipo en el que se asocia además de la fractura, una luxación del fragmento articular de la paleta humeral hacia delante.

▪ **TIPO B (<5%): FRACTURAS DEL CÓNDILO** (parcialmente articulares): Pueden afectar a la columna medial o lateral y según Milch se dividen en:

- Lateral:
 - Tipo I: En la que la línea de fractura no llega a la tróclea, se produce una avulsión y no provoca inestabilidad.
 - Tipo II: En esta el fragmento es mayor incluyendo la pared lateral de la tróclea, de modo que es inestable y puede convertirse en fractura-luxación.
- Medial:
 - Tipo I: Avulsión
 - Tipo II: El fragmento de fractura es mayor e incluye la pared medial de la tróclea, es inestable y puede convertirse en fractura-luxación.

▪ **TIPO C (60%): SUPRAINTERCONDÍLEAS:** Son fracturas articulares e incluyen las fracturas en T o en Y, en las que no hay fragmentos articulares que permanezcan en contacto con la diáfisis. La conminución y afectación de partes blandas es frecuente. Clínicamente se presenta con un codo ensanchado, brazo acortado y un antebrazo pronado. Según la clasificación de Riseborough y Radin pueden ser:

- Tipo I: No desplazada.
- Tipo II: Fragmentos desplazados, pero no rotados.
- Tipo III: Fragmentos desplazados y rotados.
- Tipo IV: Fractura articular conminuta, cóndilos muy separados.

FRACTURAS DE CAPITELLUM

Son raras y en ellas solo se afecta la porción articular del cóndilo lateral, sin inserciones ligamentosas ni musculares. Se emplea la clasificación de Bryan Morrey:⁴

Tipo I o Hanh Steintal: Afecta a una gran parte del cóndilo humeral y en ocasiones a parte de la tróclea.

- **Tipo II o Kocher Lorenz:** Solo se ve afectado el cartílago del cóndilo con muy poco hueso subcondral.
- **Tipo III:** Se trata de una fractura conminuta, variante de Broberg-Morrey.
- **Tipo IV:** Es una fractura de capitellum con extensión al cóndilo medial. En la radiografía se puede ver el signo del doble arco.

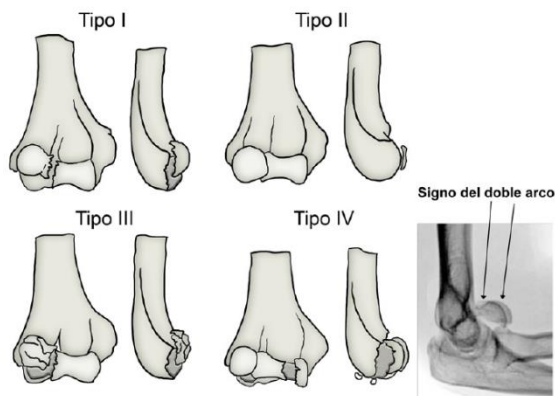


Figura 3. Tipos de fracturas de capitellum

Este tipo de fractura se produce por mecanismos de cizallamiento, cuando el traumatismo se transmite desde el radio al húmero, con el brazo en extensión completa (tipo I) o en flexión (tipo II)⁵.

FRACTURAS DE LOS EPICÓNDILOS (MEDIAL Y LATERAL)

Las fracturas de epicóndilo son raras en el adulto y generalmente están producidas por un traumatismo directo. Por su parte, las fracturas de epicóndilo medial son poco frecuentes y suelen estar asociadas a otras lesiones como pueda ser la luxación de codo en jóvenes. Es muy importante y se debe explorar la función del nervio cubital en este tipo de fracturas ya que puede verse afectado⁶.

FRACTURAS DE CÚBITO PROXIMAL EN ADULTOS

FRACTURAS DEL OLÉCRANON: Según el mecanismo lesional suelen deberse a un traumatismo directo, lo cual es muy frecuente por su situación muy superficial. El mecanismo etiopatogénico es el de una fractura-arrancamiento producida por la fuerza que genera el tendón del tríceps brachii al caer con el codo semiflexionado. Suelen ser transversas, conminutas o combinarse con una fractura-luxación.⁷

Clínicamente cursan con dolor e impotencia funcional, manifestándose en un hemartros y signos inflamatorios locales. Además, puede haber apreciarse una depresión palpable, una incapacidad para la extensión del codo y la aparición de signos clínicos por la afectación del nervio cubital.⁸

Tipo	Subtipo	
	A (No conminuta)	B (Conminuta)
Tipo 1: No desplazada (<2 mm), extensión activa OK		
Tipo 2: Desplazada >3mm, Articulación estable. No extensión activa		
Tipo 3: Desplazada >3mm, Articulación inestable		

Figura 4. Clasificación de Mayo para fracturas olécranon

Actualmente se emplea la clasificación de Mayo para distinguir los distintos tipos de fractura.⁹ Esta clasificación es empleada en el algoritmo de tratamiento de estas lesiones que, dado que no es el objetivo de este trabajo, no vamos a abordar.

FRACTURAS DE APÓFISIS CORONOIDES

La coronoides es una parte muy importante de la articulación humero-cubital. Por un lado, porque en ella se insertan los ligamentos colaterales de la articulación del codo; y por otro, porque resiste el desplazamiento posterior del cúbito en el equilibrio tendinoso que presentan el bíceps brachii y el tríceps brachii.¹⁰ La fractura en la apófisis coronoides es sugestiva de inestabilidad del codo, y es común encontrar lesiones asociadas, sobre todo de los ligamentos. Este tipo de fracturas se originan por un mecanismo de cizallamiento y el mecanismo de fractura puede deberse a dos modos distintos:¹¹

- Por inestabilidad rotatoria posterolateral en valgo (IRPLV): Está asociada a la lesión del ligamento colateral medial y, a menudo, se asocia a fracturas de la cabeza radial. Son fracturas de la punta de la apófisis coronoides.
- Por inestabilidad rotatoria posteromedial en varo (IRPMV): Está asociada a lesiones del ligamento colateral lateral, vienen dadas por una fuerza en varo y se consideran un subtipo especial de lesión.

Para este tipo de fracturas se emplea la clasificación de Regan y Morrey que las divide en tres tipos y la clasificación de O'Driscoll basada en el número y posición de los fragmentos coronoides:¹²

	Reagan y Morrey	O'Driscoll (simplificada)
Tipo I	Fractura de la punta de la ap. coronoides	TRANSVERSA: Subtipo 1 (si <2 mm altura) o 2 (si >2 mm)
Tipo II	Afectan menos del 50% de la apófisis coronoides	FACETA ANTEROMEDIAL: Subtipo 1 (borde anteromedial), 2 (incluye punta) y 3 (incluye tubérculo sublime)
Tipo III	Afectan más del 50% de la apófisis coronoides	BASILAR: Subtipo 1 (base de la apófisis coronoides) y 2 (fractura basilar transolecraniana)

Tabla 1. Clasificación Reagan y Morrey y O'Driscoll para fracturas de apófisis coronoides

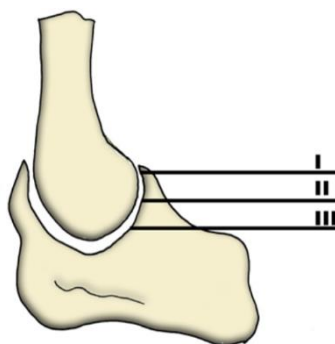


Figura 5. Clasificación de Regan y Morrey

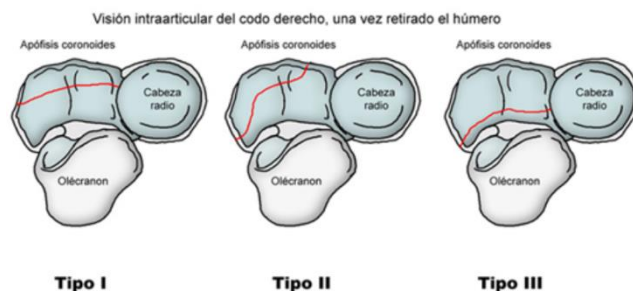


Figura 6. Clasificación de O'Driscoll

FRACTURAS DE RADIO PROXIMAL EN ADULTOS

La cabeza del radio es una estructura intraarticular que articula con el cóndilo humeral y permite realizar movimientos de rotación del codo y de flexoextensión del mismo. El radio se une al cúbito por medio de la membrana interósea y ésta sufre una mayor tensión con el codo en varo. Dentro de las fracturas de la región del codo, las fracturas de la cabeza del radio son las más frecuentes en los adultos suponiendo entre el 20-30% de las mismas y el 3% de las fracturas totales del cuerpo.¹³ Puede asociarse hasta en un 30% a otras lesiones como fracturas del carpo, de la articulación radiocubital distal (ARCD – lesión de Essex-Lopresti) y de la membrana interósea, fracturas-luxaciones de Monteggia, fracturas del capitellum humeral y lesiones de los ligamentos colaterales lateral y medial del codo.¹⁴

En cuanto a su diagnóstico es muy importante la valoración clínica ya que radiológicamente es fácil que pasen desapercibidas. En ocasiones, lo único que se puede apreciar es el signo de la almohadilla grasa. Se debe de explorar tanto la estabilidad articular radiocubital distal (ARCD) como los ligamentos mediales del codo.¹⁵ Una manera de confirmar el diagnóstico consiste en la aspiración del hemartros e infiltración intraarticular de un anestésico local, lo que permite diferenciar un bloqueo mecánico de un bloqueo articular por dolor.¹⁵

A la hora de sistematizar estas fracturas se dispone de varias clasificaciones. Por un lado, la clasificación de Mason modificada¹⁶, que es la más usada y se basa tanto en aspectos radiológicos, como lesiones asociadas y hallazgos clínicos, distinguiendo:

- **Tipo I:** Fractura parcelar con desplazamiento intraarticular <2 mm, sin bloqueo para la pronosupinación.
- **Tipo II:** Fractura parcelar con desplazamiento >2 mm y >30% de la superficie articular, o limitación funcional; la ausencia de contacto cortical entre fragmentos se asocia a inestabilidad.
- **Tipo III:** Fractura conminuta de la cabeza o el cuello del radio, irreconstruible.
- **Tipo IV:** Asociada a luxación de codo.

Por otro lado, disponemos de la clasificación de Hotchkiss que es la más actual y es una modificación de la clasificación de Mason-Johnston¹⁶. Es más bien práctica y permite orientar la decisión terapéutica.

	Definición	Características
Tipo I	Fracturas no desplazadas o mínimo desplazamiento	No bloqueo mecánico
Tipo II	Fracturas cabeza radial con desplazamiento mayor de 2 mm, o fracturas de cuello anguladas	No bloqueo ni inestabilidad Bloqueo mecánico o inestabilidad asociados. No existe una gran conminución
Tipo III	Fractura conminuta, no reconstruible	Se puede asociar con lesiones del fibrocartilago triangular, roturas de membrana interósea, fractura coronoides, inestabilidad codo

Tabla 2. Clasificación de Hotchkiss para fracturas de cabeza y cuello

ARTROPLASTIA TOTAL DE CODO

La artroplastia total de codo es un tratamiento quirúrgico que se emplea actualmente para distintas patologías del codo. Aunque inicialmente se utilizaba en el tratamiento de la artritis reumatoide complicada, las indicaciones de la artroplastia total de codo se han extendido, incluyendo ahora a la artrosis primaria y secundaria, fracturas no consolidadas, tras resecciones neoplásicas y fracturas agudas de codo conminutas.¹⁷ Entre los resultados deseados se incluyen la disminución del dolor del paciente, la restauración de la función y movilidad, y la prevención o tratamiento de la inestabilidad del codo.¹⁷

Históricamente la artroplastia de codo ha tenido menos éxito respecto a otras artroplastias, debido en parte a la compleja anatomía y biomecánica de la articulación del codo. La mejora en las técnicas quirúrgicas, así como en los materiales de los dispositivos implantados han permitido una mejora importante en los resultados de esta cirugía. Los resultados a largo plazo son ahora similares a los de otras artroplastias articulares, con una supervivencia a 10 años del 90%.¹⁸⁻²¹ A pesar de las mejoras y avances todavía existen complicaciones y fallos en la artroplastia que pueden requerir una reintervención. También existen limitaciones funcionales que pueden llegar a ser muy limitantes para la vida del paciente.

Inicialmente, la indicación principal para llevar a cabo una artroplastia total de codo fue la artritis inflamatoria, específicamente la artritis reumatoide, una condición en la que el codo se ve afectado hasta en un 50% de los casos.²²⁻²⁵ Los resultados en estos pacientes eran muy buenos, con una rápida mejoría del dolor y de la funcionalidad, además de que estos pacientes suelen tener menores niveles de actividad física, conllevando una menor tasa de desgaste y aflojamientos asépticos de la prótesis.²⁵ Es por esto por lo que la artroplastia total de codo funciona mejor en este tipo de pacientes que en aquellos que se deben a fracturas articulares.²⁶ Sin embargo, el empleo de las artroplastias totales de codo están aumentando en el tratamiento quirúrgico de las fracturas de húmero distal cuando no es posible practicar una osteosíntesis adecuada.²⁷⁻²⁹

Entre las contraindicaciones absolutas para una artroplastia total de codo se encuentran: infección activa, heridas abiertas amplias, articulación neuropática, parálisis de la musculatura del hombro y deterioro funcional grave de la mano.^{25,30} La cirugía está contraindicada parcialmente en pacientes jóvenes ya que funcionalmente producen una limitación, no siendo posible, en la mayor parte de los casos, levantar peso de más de 5 kilogramos con esa extremidad. Esto supone una importante limitación en su estilo de vida, por lo que los pacientes jóvenes que vayan a ser sometidos a esta intervención deben ser cuidadosamente seleccionados.³⁰

Las prótesis totales de codo se pueden dividir, principalmente, en tres tipos: no articuladas, semiarticuladas y articuladas. Los implantes articulados y semiarticulados están unidos por un mecanismo de bisagra, lo que supone que existe una conexión física entre los componentes humeral y cubital, mientras que las no articuladas carecen de unión, no existiendo ningún tipo de conexión física entre ambos componentes. Actualmente existen dispositivos convertibles, que son diseños modulares que pueden convertirse de no articulados a articulados en caso de inestabilidad intraoperatoria o

postoperatoria, eliminando así la necesidad de una nueva revisión de los componentes humeral y cubital.²⁵

Los implantes no articulados tienen los componentes humeral y cubital separados, con una articulación compuesta por un polietileno de alta densidad y se implantan de modo cementado en su lugar correspondiente. La estabilidad de estos implantes recae en la competencia de las estructuras de tejido blando circundante y los ligamentos colaterales.^{25,31} Este tipo de prótesis está recomendada para aquellas articulaciones relativamente estables y con limitada pérdida de hueso y deformidad, así como un soporte ligamentoso suficiente.^{32,33} Con esta técnica se ve reducido el riesgo de aflojamiento aséptico, y la libertad de movimiento que permite la ausencia de bisagra reduce la tensión sobre el manto de cemento lo que hace a estos implantes presentar las tasas más bajas de aflojamiento mecánico entre los distintos diseños. La mayor movilidad tiene un coste, que es una mayor inestabilidad, de modo que estos implantes presentan las tasas más elevadas de luxación protésica.³⁴

Los implantes semiarticulados son el tipo de implante más utilizado en la actualidad.^{20,23} Están compuestos por una aleación de cromo-molibdenuo o una aleación de titanio unidos a los vástagos de húmero y codo por una superficie de polietileno. El dispositivo se compone de dos láminas de polietileno que se colocan entre los componentes metálicos, los cuales se unen mediante un pasador transversal y un anillo en C que sujeta el pasador. Este tipo de prótesis tiene una bisagra que permite entre 5 y 10 grados de movimiento de varo-valgo y entre 5 y 7 grados de laxitud rotacional entre los componentes humeral y cubital. Esta laxitud reduce la tensión en el implante-hueso-cemento, reduciendo así la incidencia de aflojamiento del componente y disminuyendo las tasas de fracturas periprotésicas.²⁵ Estudios muestran que este tipo de diseño semiarticulado posee tasas menores de complicaciones en comparación con las prótesis articuladas y las no articuladas y unas tasas de supervivencia a 10 años de más del 90%.^{23,30} Además, se han observado menores tasas de aflojamiento con este diseño.¹⁹ Existen formas tanto moduladas como no moduladas de implante semiarticulado, siendo la forma modulada la preferida para pacientes con marcada pérdida de hueso debido a traumatismos o resecciones neoplásicas.

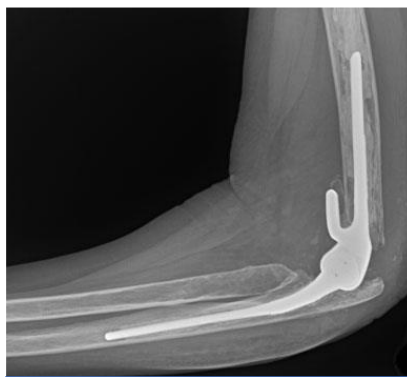


Figura 7. Prótesis total de codo semi articulada

La prótesis articulada, o de bisagra rígida fue descrita por primera vez por Park and Moreau en 1780. Fue modificada a lo largo del tiempo hasta el diseño moderno que conocemos hoy en día introducido por Dee en 1972. Este dispositivo está compuesto por una articulación de cromo-cobalto articulada con un pasador de eje, y utiliza cemento de metacrilato de metilo. El uso de este tipo de dispositivo requiere resecciones extensas de hueso y ha demostrado altas tasas de fallo, con complicaciones como el aflojamiento de la prótesis y sinovitis por partículas metálicas.^{18,30,35,36}



Figura 8. Prótesis total de codo NEXEL de Zimmer©

COMPLICACIONES

Se han descrito altas tasas de complicaciones de hasta el 80% en algunos estudios^{18,19,37}, aunque estos números han mejorado significativamente con la implementación de nuevas técnicas y el mejor diseño de los componentes protésicos. Las tasas de complicaciones siguen siendo más altas que las encontradas en prótesis totales de hombro y cadera. Gschwend et al, en una revisión publicada en 1996, revelaron unas tasas de complicaciones del 43%³⁷, pero Voloshin et al, en una revisión publicada en 2011, encontraron un número significativamente menor, con una tasa de complicaciones del 24,3%.³⁸

En un estudio publicado en 2016, Bai et al siguieron a 104 pacientes a los que se les había realizado una artroplastia total de codo y vieron que un 67% desarrollaron algún tipo de complicación radiológica; estas incluían osificación heterotópica (48%), aflojamiento (27%), fracturas periprotésicas (23%), subluxación o luxación (7%), desgaste del polietileno (3%) y fractura o desprendimiento (3%).³⁹ Además, se demostró que las complicaciones radiológicas eran clínicamente significativas teniendo que ser reintervenidos un 39% de los pacientes frente al 0% de reintervención en pacientes sin complicaciones radiológicas.³⁸ Por otro lado, Park et al revisaron las tasas de complicaciones en base al tipo de prótesis que se utilizaba, encontrando que los dispositivos semiarticulados tenían mejores resultados, con tasas de complicaciones y revisiones menores que los no articulados.³² Otro estudio de carácter retrospectivo, llevado a cabo por Plaschke et al, encontró que la tasa de supervivencia total en la artroplastia total de codo era del 90% a los 5 años y del 81% a los 10 años.⁴⁰ También encontraron que las mayores tasas de revisiones se llevaban a cabo en las prótesis no articuladas y en aquellas artroplastias que se habían realizado por fracturas o fracturas no consolidadas.⁴⁰ Las complicaciones más comunes en la artroplastia total de codo son el aflojamiento de los componentes, la inestabilidad y la infección.^{37,38}

El aflojamiento aséptico de los componentes se considera la causa más común de fallo de la artroplastia.³⁸ Este se produce por el fallo en la interfaz hueso-cemento, ya sea por un fallo primario o bien por un fallo secundario a la osteólisis de partículas desprendidas por el cemento o por el polietileno. Los factores que contribuyen al aflojamiento incluyen los de tipo biomecánico, los derivados de la técnica quirúrgica, y los del diseño de la

prótesis. Las prótesis con bisagra de tipo Sloppy han demostrado menores tasas de aflojamiento.⁴¹

La capa de polietileno se puede ir desgastando y llegar a romperse por la fatiga del material. Conforme el polietileno se va desgastando, el componente cubital proximal de la prótesis adquiere mayor libertad de movimiento, lo que lleva a un aumento de la angulación del varo y el valgo. Un ángulo entre 7 y 10 grados indica un desgaste parcial del material y un ángulo mayor de 10 grados indica un desgaste moderado y es indicación de reintervención.^{42,43} Conforme la zona del polietileno se va erosionando, el incremento de la angulación permitida supone un mayor estrés para la bisagra la cual puede llegar a fallar.⁴⁴ La sinovitis y la enfermedad por partículas también pueden aparecer secundarias al colapso del polietileno.

El anillo en C que mantiene unidos el pasador y el casquillo puede moverse, o los pasadores pueden aflojarse. Esto puede darse en situaciones en las que haya un aumento del estrés en la articulación de manera repetida de manera que el polietileno se desgaste dando lugar a un aumento del arco varo-valgo, provocando que se transmita mayor fuerza al pasador central.⁴² Cuando se da un colapso total del revestimiento de polietileno, se produce un contacto metal con metal que puede causar metalosis. Radiográficamente puede verse como un foco denso de residuos metálicos, osteólisis, o una línea radiodensa causada por esos residuos metálicos. Esto es conocido como signo de la línea metálica.^{23,45}

La infección puede ocurrir tras la artroplastia y radiográficamente puede manifestarse como una lucencia periprotésica, produciendo un aflojamiento séptico. Los hallazgos radiológicos deben correlacionarse con la inflamación de tejidos blandos, síntomas clínicos, y valores de laboratorio. Una gammagrafía ósea también puede resultar útil en algunas ocasiones. Las tasas de infección de artroplastias de codo son mayores que las que tienen lugar en otras artroplastias de articulaciones mayores, que se elevan hasta el 12% según la literatura, aunque estudios más recientes sugieren que estos números están disminuyendo.^{22,37,38} Estas mayores tasas de infección pueden deberse a que el codo es una articulación subcutánea protegida únicamente por una pequeña capa de tejido blando. Además, una importante parte de los pacientes con una artroplastia de codo se encuentran inmunocomprometidos por el tratamiento médico contra la artritis reumatoide.³⁸

Como en cualquier tipo de dispositivo protésico, las fracturas periprotésicas pueden producirse. Se han descrito incidencias de fracturas periprotésicas en artroplastias de codo de hasta un 5%.⁴⁶ Las fracturas periarticulares son las más frecuentes y pueden ocurrir tanto intra como postoperatoriamente. Por lo general, requieren revisión quirúrgica.²³ Las prótesis de metal tienen unas tasas muy bajas de fractura, y el diseño bipolar reduce aún más el riesgo de fractura.

La inestabilidad o luxación se produce más comúnmente en las prótesis no articuladas debido a la ausencia de una unión entre los componentes humeral y cubital. Las luxaciones en las prótesis articuladas o semiarticuladas son raras.^{34,38}

La osificación heterotópica no es una complicación infrecuente, aunque es más común en las artroplastias aisladas de la cabeza del radio. Se ha descrito una incidencia de

hasta el 46,9%.⁴⁷ Esta osificación heterotópica, visible radiológicamente, puede ocasionar dolor y limitar el rango de movimiento de la articulación.

La lesión del nervio cubital también es una complicación conocida, aunque su incidencia es menor del 3%.³⁸ El nervio se encuentra en su mayor riesgo durante la disección quirúrgica. En pacientes que presentan síntomas postoperatorios de neuropatía cubital, la complicación es por lo general autolimitada.

Por último, la insuficiencia de tríceps es una complicación rara de la artroplastia de codo, produciéndose una dehiscencia o una debilidad clínicamente significativa en menos del 2% de los pacientes.³⁸

REVISIÓN DE CASOS CLÍNICOS

Se ha realizado un estudio retrospectivo en pacientes heridos en combate en el conflicto de Ucrania, atendidos e intervenidos en el HGDZ entre los meses de mayo de 2022 y noviembre de 2023, los cuales fueron operados y recibieron una prótesis total de codo. El resumen de los pacientes reunidos se encuentra en la tabla 3. Un total de siete pacientes fueron incluidos en la revisión de casos de artroplastia de codo. Todos los pacientes pertenecían al sexo masculino con una media de edad de 44,6 años (rango: 21-59 años) y en todos ellos las lesiones se produjeron en el contexto del campo de batalla. En seis de ellos las heridas se produjeron por mecanismo de onda expansiva, mientras que tan solo en uno de ellos las lesiones fueron producidas por un arma de fuego. Sin embargo, todas ellas fueron secundarias a un mecanismo de alta energía lo que asoció fracturas conminutas severas con importantes déficits del tejido blando y contaminación sustancial.

En cuanto al lado afecto, tres de los siete pacientes fueron heridos en el brazo derecho, mientras que los otros cuatro restantes vieron afectado su brazo izquierdo. A la llegada a nuestro hospital cinco pacientes portaban fijadores externos que habían sido colocados en el lugar de origen de las heridas como tratamiento inicial para la estabilización de las fracturas y tratamiento de las partes blandas lesionadas hasta su intervención definitiva. En todos ellos se vieron afectados dos o más huesos de la articulación del codo. Dos de los pacientes sufrieron fractura humeral con gran desplazamiento y uno de ellos una luxación asociada de la cabeza del radio. En tres de los pacientes se observó una gran pérdida de stock óseo. En uno de los casos se practicó previamente una cirugía de osteosíntesis de una fractura diafisaria de cúbito, para lo que se empleó un injerto tricortical de cresta iliaca.

En cuanto a las lesiones nerviosas, los nervios que se vieron afectados fueron los nervios radial, cubital, mediano y musculocutáneo. El nervio que más afectado se vio fue el nervio cubital, que se vio afectado en un total de cinco pacientes, mientras que el nervio radial se dañó en cuatro. El nervio mediano se afectó en tres pacientes y, por último, el nervio musculocutáneo, que solo se vio afectado en uno de los pacientes. Cabe destacar que un paciente sufrió una axonotmesis severa distal al plexo braquial que hizo que se lesionaran los cuatro nervios antes mencionados en un mismo paciente.

A pesar de las grandes pérdidas de tejido y lesiones nerviosas asociadas tan solo dos de los siete pacientes necesitaron una reparación nerviosa, mientras que en otros dos se precisó de injerto óseo de cadáver para la reconstrucción de la articulación.

Las intervenciones quirúrgicas llevadas a cabo fueron individualizadas para todos los pacientes, utilizando en todos ellos una prótesis total de codo de tipo Conrad-Morrey (modelo Nexel de Zimmer-Biomet®). A dos pacientes se les realizó también una osteosíntesis por avulsión del olecranon y otros dos pacientes necesitaron una tenorrafia tricipital o un refuerzo del tendón del tríceps. En el postoperatorio inmediato, un paciente necesitó de terapia VAC por dehiscencia de la herida y otro de una retirada de material de osteosíntesis. Por último, a uno de los pacientes se le realizó una sutura microquirúrgica perineural del nervio cubital.

Tras las pertinentes intervenciones únicamente tres de los siete pacientes no presentaron ninguna complicación postquirúrgica. Uno de los pacientes sufrió una fístula

de codo y un desplazamiento secundario de olécranon; otro paciente tuvo una dehiscencia de la herida quirúrgica y quedó con una hipostesia del quinto dedo de la mano; un tercer paciente tuvo una infección de la prótesis de codo que le llevó a una osteomielitis crónica; Por último, uno de los pacientes presentó una complicación de partes blandas que requirió de un colgajo microvascularizado de arteria radial.

EDAD	SEXO	MEC. PRODUCCION	LADO	HUESO AFECTADO	FIJADOR/EXT	LESION NERVIOSA	IQ	INERTO	REP NERVIOSA	COMPLICACIONES
48	Hombre	Herida por arma de fuego	Derecho	Fractura de húmero / cubito / radio	No	Lesión radial / cubital	Prótesis total de codo (Zimmer) Vástagos cementados en húmero y cúbito	No	No	No
42	Hombre	Herida por onda expansiva	Derecho	Fractura de húmero / cubito / radio	Si	Lesión radial	Prótesis total de codo (Zimmer) RAFI olécranon con placa Refuerzo tríceps con sutura en punta de olécranon Osteosíntesis por avulsión olécranon	No	No	Fistula de codo Desplazamiento 2º olécranon
48	Hombre	Herida por onda expansiva	Derecho	Fractura de cubito / radio	Si	Lesión radial / cubital / mediano	Prótesis total de codo (Zimmer) Aloinjerto de cúbito Exéresis cabeza radio Tenorrafia tripital Neurorrafia cubital con injerto sural	Aloinjerto	Si	Destidencia de herida quirúrgica Hipoestesia 5º dedo
21	Hombre	Herida por onda expansiva	Izquierdo	Fractura de húmero Fractura diafaria de cúbito y radio	Si	Lesión radial / Cubital / mediano / musc. Cutáneo	Retirada fijador externo y aguja Kirschner Estabilización y fijación con placa cúbito y radio Injerto tricortical de cresta ilíaca Prótesis total de codo (Zimmer)	No	No	No
43	Hombre	Herida por onda expansiva	Izquierdo	Fractura húmero / cúbito	Si	No	Desbridamiento Prótesis total de codo (Zimmer) VAC	No	No	Infección de la prótesis Osteomielitis crónica
59	Hombre	Herida por onda expansiva	Izquierdo	Fractura de húmero	No	Lesión cubital	Prótesis total de codo (Zimmer) Osteosíntesis de olécranon Sutura microquirúrgica perineural de N. Cubital	No	Si	No
51	Hombre	Herida por onda expansiva	Izquierdo	Fractura de húmero / cubito / radio	Si	Lesión cubital / mediano	Prótesis total de codo (Zimmer) RAFI EVO Fijador externo Aloinjerto de cúbito	Aloinjerto	No	Destidencia de cogjajo Osteomielitis cúbito

Tabla 3. Revisión de casos

DISCUSIÓN

La artroplastia total de codo es un recurso técnico que no está tan extendido como puede ser el recambio articular de rodilla o de cadera, pero supone una buena opción para aquellos pacientes en los que existe una gran conminución de las estructuras óseas que componen la articulación y la osteosíntesis no es posible. En la gran mayoría de casos la artroplastia total de codo se emplea en pacientes ancianos con enfermedades crónicas, como son la artritis reumatoide o la osteoporosis. Sin embargo, existe un segundo grupo de pacientes en los que puede ser una válida solución quirúrgica, como son aquellos que han sufrido un traumatismo de alta energía en la articulación, en nuestro caso, soldados heridos por armas de fuego o por onda expansiva.

La artroplastia total de codo se reserva como última opción terapéutica en las fracturas complejas del codo, puesto que supone una limitación del rango de movimiento y funcionalidad de la extremidad. Entre otras cosas no se recomienda la carga de peso de más de 5 kg, lo cual podría ocasionar el aflojamiento de los componentes protésicos y dar lugar a complicaciones. Es cierto que en pacientes jóvenes esto no es lo deseable, pero la alternativa es todavía peor.

En todos los casos de pacientes que han sido revisados, la estancia en el hospital ha sido prolongada, debido a la existencia en todos ellos de heridas y lesiones en otros lugares de la anatomía, las cuales requirieron tratamiento y, en algunos casos, de otras intervenciones quirúrgicas por parte de traumatólogos, cirujanos plásticos, cirujanos maxilofaciales, oftalmólogos u otorrinolaringólogos.

En cuanto a las complicaciones postoperatorias encontradas, la más frecuentemente encontrada ha sido la infección de la herida quirúrgica o de las partes blandas circundantes. En este punto cabe señalar la alta tasa de infecciones por gérmenes multirresistentes que se han encontrado en todos los pacientes procedentes de Ucrania que han sido tratados en el HGDZ. En uno de nuestros casos se produjo la infección del tejido óseo a nivel del vástago cubital de la prótesis, dando lugar a una osteomielitis refractaria a la terapia antimicrobiana intravenosa. En cuanto al resto de posibles complicaciones de la artroplastia total de codo, la movilización de los componentes protésicos, no ha podido apreciarse en nuestra serie por tratarse de una complicación tardía y nuestro corto periodo de seguimiento de los pacientes incluidos en el estudio.

Es importante destacar la alta complejidad de este tipo de pacientes, no solo por presentar múltiples y variadas lesiones en varias localizaciones y estructuras de su organismo, sino por encontrarse en un contexto muy difícil como es el de un conflicto bélico en su país natal, por lo que también fue de vital importancia el componente y la ayuda psicológica y psiquiátrica.

CONCLUSIONES

1. Las lesiones debidas a traumatismos de alta energía son la principal causa de artroplastia total de codo en pacientes jóvenes.
2. La prótesis total de codo supone una mejor opción de tratamiento frente a la artrodesis o la amputación del miembro en cuanto a su funcionalidad, a pesar de las posibles complicaciones y/o limitaciones.
3. La principal limitación funcional de la prótesis es la incapacidad para poder cargar objetos de más de 5 kg o realizar movimientos repetitivos aún con pesos inferiores
4. Las complicaciones agudas más frecuentes son la infección de la herida quirúrgica o de los componentes protésicos.
5. Entre las complicaciones a largo plazo destacan el aflojamiento del material protésico y la osteomielitis crónica.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mi tutor, el doctor Juan José Sevilla por acompañarme en este trabajo y resolver mis dudas. También al Hospital General de la Defensa de Zaragoza por abrirme sus puertas y permitirme trabajar en él sobre unos pacientes y un tema tan delicado.

A mi amiga Bárbara que me ha aguantado, consolado, apoyado y ayudado todos estos años de carrera, y los que nos quedan, y que sin ella no se si hubiese llegado hasta aquí.

Por último, a mis padres y familia que siempre me han apoyado en mis decisiones y animado a continuar formándome.

BIBLIOGRAFIA

1. Shearin JW, Chapman TR, Miller A, Ilyas AM. Ulnar Nerve Management with Distal Humerus Fracture Fixation: A Meta-Analysis. *Hand Clin.* 2018 Feb;34(1):97-103.
2. Logli, Anthony L. MD; Shannon, Steven F. MD; Boe, Chelsea C. MD; Morrey, Mark E. MD; O'Driscoll, Shawn W. MD, PhD; Sanchez-Sotelo, Joaquin MD, PhD Total Elbow Arthroplasty for Distal Humerus Fractures Provided Similar Outcomes When Performed as a Primary Procedure or After Failed Internal Fixation *Journal of Orthopaedic Trauma*: February 2020.
3. Lauder A, Richard MJ. Management of distal humerus fractures: *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology* volume 30, pages745–762 (2020).
4. He, S.-K., Xu, L., Guo, J.-H., Liao, J.-P., Qin, T.-W., & Huang, F.-G. (2018). The impact of associated injuries and fracture classifications on the treatment of capitellum and trochlea fractures: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Surgery*, 54, 37–47.
5. Lopiz Y, Rodríguez-González A, García-Fernández C, Marco F. Open reduction and internal fixation of coronal fractures of the capitellum in patients older than 65 years. *J Shoulder Elbow Surg.* 2016 Mar;25(3):369-75.
6. Ballesteros-Betancourt, J.R.; García-Tarriño, R.; García-Elvira, R.; Muñoz-Mahamud, E.; Fernández-Valencia, J.A.; Llusá-Pérez, Manuel; Combalia-Aleu, Andrés The anterior limited approach of the elbow for the treatment of capitellum and trochlea fractures: Surgical technique and clinical experience in eight cases. *In Injury.* April 2020.
7. Camp CL, Sanchez-Sotelo J, Shields MN, O'Driscoll SW. Lateral Ulnar Collateral Ligament Reconstruction for Posterolateral Rotatory Instability of the Elbow. *Arthrosc Tech.* 2017 Jul 24;6(4):e1101-e1105.
8. Marot V, Bayle-Iniguez X, Cavaignac E, Bonneville N, Mansat P, Murgier J. Results of nonoperative treatment of olecranon fracture in over 75-year-olds. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2018 Feb;104(1):79-82.
9. Sanchez-Sotelo J, Morrey M. Complex elbow instability: surgical management of elbow fracture dislocations. *EFORT Open Rev.* 2017 Mar 13; 1(5):183-190.
10. Rhyou IH, Lee JH, Kim KC, Ahn KB, Moon SC, et al. What Injury mechanism and patterns of ligament status are associated with isolated coronoid, isolated radial head, and combined fractures? *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475(9):2308-2315.
11. Ramirez MA, Stein JA, Murthi AM. Varus Posteromedial Instability. *Hand Clin.* 2015 Nov;31(4):557-63.
12. Foruria AM, Gutiérrez B, Cobos J, Haeni DL, Valencia M, Calvo E. Most coronoid fractures and fracture-dislocations with no radial head involvement can be treated nonsurgically with elbow immobilization. *J Shoulder Elbow Surg.* 2019 Jul;28(7):1395-1405.
13. Reinhardt D, Toby EB, Brubacher J. Reoperation Rates and Costs of Radial Head Arthroplasty Versus Open Reduction and Internal Fixation of Radial Head and Neck Fractures: A Retrospective Database Study. *Hand (N Y).* 2019 Apr 25.
14. Duckworth AD, Wickramasinghe NR, Clement ND, Court-Brown CM, McQueen MM. Radial head replacement for acute complex fractures: what are the rate and risks factors for revision or removal? *Clin Orthop.* 2014;472(7):2136–43.
15. Papatheodorou LK, Rubright JH, Heim KA, Weiser RW, Sotereanos DG. Terrible triad injuries of the elbow: does the coronoid always need to be fixed? *Clin Orthop.* 2014 Jul;472(7):2084–91.

16. Kupperman ES, Kupperman AI, Mitchell SA. Treatment of Radial Head Fractures and Need for Revision Procedures at 1 and 2 Years. *J Hand Surg Am*. 2018 Mar;43(3):241-247.
17. Levin, E. S., & Plotkin, B. (2019). Elbow Arthroplasty: From Normal to Failure. *Seminars in musculoskeletal radiology*, 23(2):141–150.
18. Hastings H II, Lee DH, Pietrzak WS. A prospective multicenter clinical study of the Discovery elbow. *J Shoulder Elbow Surg* 2014;23(05):e95–e107.
19. Little CP, GrahamAJ, Carr AJ. Total elbow arthroplasty: a systematic review of the literature in the English language until the end of 2003. *J Bone Joint Surg Br* 2005;87(04):437–444.
20. Chew F, Roth E. Imaging of elbow replacement arthroplasty. *Semin Musculoskelet Radiol* 2015;19(01):60–66.
21. Cross MB, Cicalese E, Nam D, McArthur BA, Lipman JD, Figgie MP. Results of custom-fit, noncemented, semiconstrained total elbow arthroplasty for inflammatory arthritis at an average of eighteen years of follow-up. *J Shoulder Elbow Surg* 2014;23(09):1368–1373.
22. Gregory J, Ennis O, Hay S. Total elbow arthroplasty. *Curr Orthop* 2008;22(02):80–89.
23. Petscavage JM, Ha AS, Chew FS. Radiologic review of total elbow, radial head, and capitellar resurfacing arthroplasty. *Radiographics* 2012;32(01):129–149.
24. Balaji SM, Kumar TR, Devadoss S, Devadoss A. Baksi's sloppy hinged prosthesis in rheumatoid arthritis of elbow: a midterm follow-up study. *JAJSS* 2016;3(02):71–74.
25. Giannicola G, Sacchetti FM, Antonietti G, Piccioli A, Postacchini R, Cinotti G. Radial head, radiocapitellar and total elbow arthroplasties: a review of recent literature. *Injury* 2014;45(02):428–436.
26. Mansat P, Bonneville N, Rongières M, Mansat M, Bonneville P. Experience with the Coonrad-Morrey total elbow arthroplasty: 78 consecutive total elbow arthroplasties reviewed with an average 5 years of follow-up. *J Shoulder ElbowSurg* 2013;22(11):1461–1468.
27. Pooley J, Salvador Carreno J. Total elbow joint replacement for fractures in the elderly—functional and radiological outcomes. *Injury* 2015;46(Suppl 5):S37–S42
28. Ray PS, Kakarlapudi K, Rajsekhar C, Bhamra MS. Total elbow arthroplasty as primary treatment for distal humeral fractures in elderly patients. *Injury* 2000;31(09):687–692.
29. DeSimone LJ, Sanchez-Sotelo J. Total elbow arthroplasty for distal humerus fractures. *OrthopClinNorthAm*2013;44(03):381–387.
30. Bennett JB, MehlhoffTL. Total elbow arthroplasty: surgical technique. *J Hand Surg Am* 2009;34(05):933–939.
31. Espag MP, Back DL, Clark DI, Lunn PG. Early results of the Souter-Strathclyde unlinked total elbow arthroplasty in patients with osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Br* 2003;85(03):351–353.
32. Park SE, Kim JY, Cho SW, Rhee SK, Kwon SY. Complications and revision rate compared by type of total elbow arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2013;22(08):1121–1127.
33. Iwamoto T, Ikegami H, Suzuki T, et al. The history and future of unlinked total elbowarthroplasty. *Keio J Med* 2018;67(02):19–25.
34. Friedman RJ, Lee DE, Ewald FC. Nonconstrained total elbow arthroplasty. Development and results in patientswith functional class IV rheumatoid arthritis. *J Arthroplasty* 1989;4(01):31–37.

35. van der Lugt JC, Rozing PM. Systematic review of primary total elbow prostheses used for the rheumatoid elbow. *Clin Rheumatol* 2004;23(04):291–298.
36. Gallo RA, Payatakes A, Sotereanos DG. Surgical options for the arthritic elbow. *J Hand Surg Am* 2008;33(05):746–759.
37. Gschwend N, Simmen BR, Matejovsky Z. Late complications in elbow arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 1996;5(2 Pt 1):86–96.
38. Voloshin I, Schippert DW, Kakar S, Kaye EK, Morrey BF. Complications of total elbow replacement: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg* 2011;20(01):158–168.
39. Bai XS, Petscavage-Thomas JM, Ha AS. Total elbow arthroplasty: a radiographic outcome study. *Skeletal Radiol* 2016;45(06):789–794.
40. Plaschke HC, Thillemann TM, Brorson S, Olsen BS. Implant survival after total elbow arthroplasty: a retrospective study of 324 procedures performed from 1980 to 2008. *J Shoulder Elbow Surg* 2014;23(06):829–836.
41. Day JS, Baxter RM, Ramsey ML, et al. Characterization of wear debris in total elbow arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2013;22 (07):924–931.
42. Wright TW, Hastings H. Total elbow arthroplasty failure due to overuse, C-ring failure, and/or bushing wear. *J Shoulder Elbow Surg* 2005;14(01):65–72.
43. Lee BP, Adams RA, Morrey BF. Polyethylene wear after total elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87(05):1080–1087.
44. Pham TT, Bonneville N, Rongièrès M, Bonneville P, Mansat P. Mechanical failure of the Coonrad-Morrey linked total elbow arthroplasty: a case report. *Orthop Traumatol Surg Res* 2014;100(07):831–834.
45. Heffernan EJ, Alkubaidan FO, Nielsen TO, Munk PL. The imaging appearances of metallosis. *Skeletal Radiol* 2008;37(01):59–62.
46. O'Driscoll SW, Morrey BF. Periprosthetic fractures about the elbow. *Orthop Clin North Am* 1999;30(02):319–325.
47. HaAS, Petscavage JM, Chew FS. Radial head arthroplasty: a radiologic outcome study. *AJR Am J Roentgenol* 2012;199(05):1078–1082.