



Red de Investigación Estudiantil de la Universidad del Zulia
Revista Venezolana de Investigación Estudiantil

REDIELUZ

Sembrando la investigación estudiantil

Vol. 12 Nº 2
Julio-Diciembre 2022



ISSN: 2244-7334
Depósito Legal: pp201102ZU3769



VAC

Universidad del Zulia
Vicerrectorado Académico

ARTROPLASTIA DE CADERA, IMPLANTES DE ACERO INOXIDABLE 316

Hip arthroplasty, 316 stainless steel implants

Walther Zhukov Paz y Miño Intriago¹, Pablo Emilio Saltos Arteaga², Paul Mauricio

Sánchez Cabrera¹, Carlos Alberto Bermúdez Solórzano¹

¹ Hospital Dr. Verdi Cevallos Balda. Ministerio de Salud Pública. Ecuador.

² Hospital Portoviejo-Instituto Ecuatoriano del Seguro Social. Ecuador

Dirección de correspondencia: doc_nenes@hotmail.com

ORCID: 0000-0001-5249-8718

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es presentar el estado de las investigaciones realizadas sobre los dispositivos de Acero Inoxidable 316 (AI 316) utilizados en los procedimientos quirúrgicos para el reemplazo de la articulación coxofemoral, a través del análisis de artículos divulgados en publicaciones incluidas en revistas de las base de datos Science Direct, PubMed, Scielo y Redalyc. Se definieron los criterios de selección para la búsqueda y selección de los artículos potencialmente relevantes, colocados en un formato de recolección para facilitar su registro y análisis. Un total de 17 publicaciones cumplieron los criterios de requeridos. Los resultados evidencian que las publicaciones de diseño experimental han mostrado un menor crecimiento comparados con otros tipos de diseños, entre los cuales prevalecen los estudios de tipo descriptivo o exploratorio, los cuales en su mayoría reportan los efectos indeseable presentes en los pacientes posterior a la cirugía. Este aspecto ha llevado a realizar modificaciones sobre estos dispositivos, a fin de disminuir la morbilidad de estos implantes.

Palabras Clave: articulación coxofemoral, implantes, biomateriales, acero inoxidable, revisión documental.

ABSTRACT

The objective of the present work is to present the state of the investigations carried out on the devices of Stainless Steel 316 (AI 316) used in the surgical procedures for the replacement of the hip joint, through the analysis of articles disclosed in publications included in journals of the Science Direct, PubMed, Scielo and Redalyc databases. The selection criteria for the search and selection of po-

tentially relevant articles were defined, placed in a collection format to facilitate their registration and analysis. A total of 17 publications met the required criteria. The results show that the publications of experimental design have shown a lower growth compared to other types of designs, among which descriptive or exploratory studies prevail, which mostly report the undesirable effects present in patients after surgery. This aspect has led to modifications to these devices, in order to reduce the morbidity of these implants.

Keywords: hip joint, implants, biomaterials, stainless steel, documentary review.

Recibido: 23-03-2022. Aceptado: 22-05-2022

INTRODUCCIÓN

La Cirugía es una rama de la práctica médica en la cual se produce la manipulación de las estructuras internas del cuerpo, con el fin de prevenir, curar o rehabilitar los procesos patológicos presentes en un individuo. En su accionar se provocan cortes, separaciones, reparaciones o reemplazos de órganos o tejidos, requiriendo para ello el empleo de materiales e instrumentos en el paciente que se encuentra bajo anestesia (regional o general) o sedación (superficial o profunda), a fin de controlar el dolor que se produce durante la intervención (Organización Mundial de la Salud, 2008; Arthur, 2009).

Un aspecto fundamental de considerar en el campo de la cirugía es el uso de Biomateriales, definidos estos, según el tipo de material empleado, como aquellos utilizados en un artefacto médico que interactúan con las estructuras biológicas; o una sustancia o combinación de estas (naturales

o artificiales), empleadas como una parte o un todo de un sistema, para tratar, aumentar o reemplazar, tejidos, órganos o alguna función del cuerpo humano, durante cierto tiempo; o un material sintético que reemplaza alguna parte de un sistema vivo o está en contacto íntimo con los fluidos biológicos (Duffo, 2012).

Para el empleo de cualquiera de los biomateriales es indispensable reconocer su "Biocompatibilidad", siendo esta la capacidad de producir la acción esperada en el medio biológico donde se ubique, sin ocasionar efectos adversos como irritación en tejidos vecinos, respuesta inflamatoria, reacciones alérgicas o carcinogénesis, entre otros. Estos biomateriales son elementos que componen diversos instrumentos que se emplean durante la realización de una cirugía, tanto en procedimientos mayores como menores, entre estos los fórceps, retractores, portaagujas, suturas quirúrgicas, o dispositivos como los marcapasos cardíacos, lentes de contacto, o material para reemplazo o fijación de estructuras en lesiones óseas, en implantes y prótesis dentales, en correcciones estéticas, etc.; así como en equipos diagnósticos y terapéuticos (diálisis renal, catéteres, electrodos específicos, drenajes, stents, etc.), entre otros (Duffo, 2012).

Entre los biomateriales que más se utilizan se encuentran las aleaciones de acero inoxidable (AI), las cuales han experimentado un incremento en su composición y función, impulsando el avance de ciertas ramas médicas como la cirugía, cuyo empleo se inició en el siglo XX, específicamente a partir de 1912, en cirugía ortopédica, seleccionado por ser un material resistente a la corrosión (Duffo, 2012).

El AI es una aleación de hierro y carbono, entre el 10 al 12% o 18 al 20%, y cromo en 10,5%, de alta flexibilidad, gran estabilidad ante ataques químicos y a la oxidación, con la formación de costras a elevadas temperaturas; pero su principal característica es la resistencia a la corrosión debido a la formación espontánea de una fina capa de óxido de cromo en su superficie, que se adhiere firmemente al metal protegiéndole de diversos medios corrosivos. Esta fina capa es rápidamente restaurada en presencia del oxígeno, y así los daños por abrasión, corte o mecanizados, son reparados rápidamente (Pereda et al., 2012; Pardo, et al., 2008).

Como se ha señalado, la composición del AI es principalmente de hierro y cromo, pero también puede contener pequeñas cantidades de otros

metales como níquel, titanio, cobre, así como carbono como un aditivo no metálico. De todos los elementos antes mencionados, el cromo es el metal que evita que el hierro se oxide, confiriéndole por ello un aumento de la resistencia a la corrosión. Según sus propiedades el acero inoxidable se clasifica en (Duffo, 2012):

Dúplex: denominados así por tener en su estructura proporciones similares de ferrita y austenita, con gran elasticidad y resistencia a la corrosión, poseen una excelente tenacidad y ductilidad. Se emplean en la industria marina, de hidrocarburos y mecánica.

Endurecidos por precipitación: Son aceros compuestos de cromo y níquel, junto al cobre, aluminio, titanio o molibdeno. Son muy resistentes a la corrosión y ductilidad, resisten bien a temperaturas elevadas.

Martensítico (serie 400 y 500): compuestos principalmente de cromo (11,5%-18%) con pequeñas cantidades de carbono, son resistentes a la oxidación a temperaturas de hasta 650 °C y con resistencia mecánica a temperaturas de hasta 540 °C. Estos aceros en su mayor totalidad no contienen níquel y son tratados mediante el método térmico. Son magnéticos, y tienen una excelente resistencia mecánica, dureza y resisten bien a la fatiga, su comportamiento a la corrosión es moderado. Las aplicaciones médicas más frecuentes incluyen instrumentos quirúrgicos.

Ferríticos (serie 400): contienen el mayor porcentaje de cromo, entre 12%-27%, carbono al más bajo nivel y muy poca cantidad de níquel, son menos resistentes a temperaturas elevadas pero con mejor resistencia a la corrosión; se utilizan ampliamente en el mercado automotriz.

Austeníticos (series 200 y 300): el contenido de cromo y níquel es de 16%-26% y entre 6%-22%, respectivamente, también contienen níquel y manganeso. Poseen buena resistencia a la corrosión, excelente resistencia mecánica y a la oxidación a elevadas temperaturas. Los aceros más utilizados son los 304, 304L, 316, 316L y 321, para diferentes aplicaciones, pero principalmente para el diseño de material quirúrgico.

Ahora bien, se describe el uso del acero inoxidable en procedimiento quirúrgicos, no obstante, este acero no siempre es quirúrgico. El acero quirúrgico suele ser una especie de acero inoxidable, pero con una mejor resistencia a la corrosión, a los rayones y al deslustre, por ello son más adecuados

para el uso corporal. Entre los aceros quirúrgicos que más se utiliza están el acero inoxidable austenítico 316 y el martensítico 440 y 420, los cuales se encuentran en los fórceps, retractores y porta-agujas, así como en dispositivos cardiovasculares, dentales y ortopédicos, entre otros. Debido a su carácter hipoalergénico se considera ideal para personas sensibles a ciertos materiales; sin embargo, tienen un alto costo (Duffo, 2012; Seisamed, 2017).

Recientemente se reporta la importancia de proporcionar una mayor seguridad a los pacientes en quienes se colocan biomateriales como el Al, en las Artroplastias de Cadera. En ese sentido se reporta el desgaste que ocurre en el dispositivo de Al colocado, luxación posoperatoria, infección microbiana,

vaso-oclusión, como una importante complicación posoperatoria, que conducen generalmente a una reintervención quirúrgica, aumentando el riesgo y costos del tratamiento del paciente (Chan et al., 2021; Zhang et al., 2021; Yang et al., 2021).

Con relación al desgaste, los estudio experimentales realizados en modelos biomecánicos, muestran los valores del mismo dependiendo del material empleado y la fricción que se genera entre ellos; se puede observar que el mayor desgaste se produce por la fricción del par Metal-Polietileno y el menor para Cerámica-Cerámica, tal como se muestra en el siguiente cuadro descrito por Di Puccio & Mattei (2015):

Rangos de desgaste de los pares de fricción

Pares de elementos	Desgaste Lineal (μ /año)	Volumen de Desgaste (mm^3 /año)
Metal-Polietileno	50-500	10-500
Cerámica-Polietileno	30-150	15-50
Metal-Metal	0,2-10	0,2-2,9
Cerámica- Cerámica	0,01-1	0,005-2

Fuente: Zhukov Paz y Miño Intriago, Saltos Arteaga2, Sánchez Cabrera1, Bermúdez Solorzano1. (2020)

Por otro lado, se menciona que las aleaciones de acero inoxidable con efecto antibacteriano, exhiben una buena capacidad de inhibir el crecimiento de muchas bacterias (Zhang et al., 2013); o la incorporación de sustancias con propiedades de hemocompatibilidad, como ocurre con los stents empleados en cirugía cardiovascular, para inhibir la agregación plaquetaria que suele ocurrir sobre estos artefactos, conllevando a la formación de trombos (Yang et., 2021); o el recubrimiento con cerámica, plata-platino o politetrafluoroetileno utilizados en ortodoncia (Arash et al., 2016; Zhang et al., 2016).

Como se observa el acero inoxidable tiene un amplio uso en el área de la salud, en el presente trabajo se realiza una revisión sobre el efecto beneficioso del uso clínico del acero inoxidable 316 utilizado en pacientes que requieren la Artroplastia de Cadera.

MÉTODO

Esta es una investigación documental en la cual se muestran los artículos publicados en revistas científicas de las Bases de Datos Pubmed, Scielo y Redalyc (Hoyos, 2000). La búsqueda fue referida al uso clínico del acero inoxidable 316 que genera mayor seguridad en los pacientes que ameritan implante de cadera.

Se incluyeron artículos originales, cartas científicas y editoriales sobre el tema en estudio; fueron excluidas las revisiones, cartas al editor, comentarios, opiniones, perspectivas, guías y normativas, selecciones bibliográficas, casos o series de casos y resúmenes o actas de congresos o simposios. Solo se consideraron los artículos basados en los estudios sobre las propiedades conferidas al acero inoxidable 316, al actuar sobre sus características físicas, químicas y biológicas.

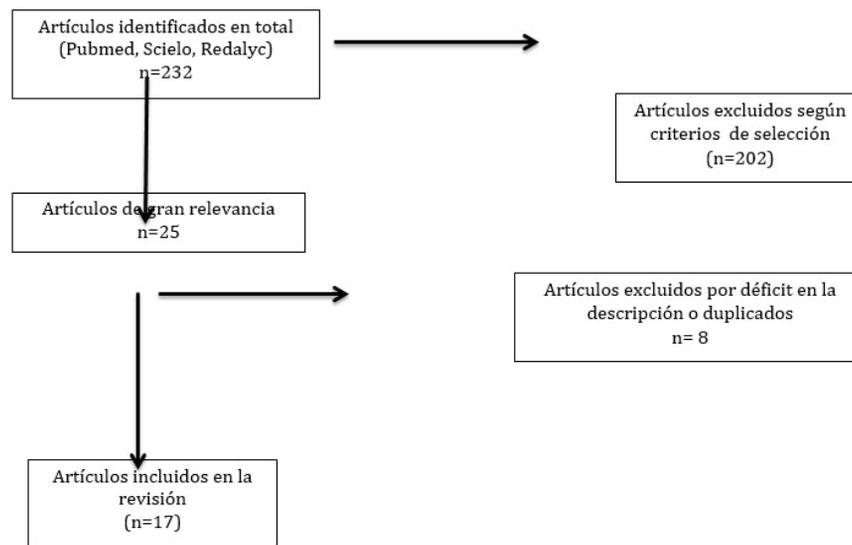
El lapso de la búsqueda bibliográfica se centró entre los años 2017-2021, así como otras bibliografías de tipo referencial sobre el tema analizado, fuera de esta temporalidad.

Se encontraron un total de 42 artículos al buscar las palabras clave de este estudio, y se extrajo de cada uno la información tal y como se presentaron en los trabajos publicados. Estos se colocaron en un hoja de Excel en la cual se incluyó el título del trabajo, autores y año, objetivo, unidades de estudio, y tipo de estudio.

RESULTADOS

En el gráfico 1 se muestra el diagrama de flujo sobre las publicaciones encontradas, donde se evidencia el proceso de selección que se siguió en cuanto a la eliminación y elección de los artículos; mientras que las características de los artículos incluidos se presentan en la tabla 1.

Gráfico 1. Diagrama de flujo sobre la selección de los estudios



Fuente: Zhukov Paz y Miño Intriago, Saltos Arteaga, Sánchez Cabrera, Bermúdez Solorzano. (2020)

Tabla 1. Características de los artículos incluidos en este estudio

Título del Artículo (Autores)	Objetivo	Sujetos de Estudio	Conclusiones
Finite Element Analysis of Optimal Positioning of Femoral Osteotomy in Total Hip Arthroplasty With Subtrochanteric Shortening (Takahashi et al., 2022)	Determinar la posición óptima para osteotomía en ATC con soporte de peso total y torsión de giro, a través de análisis de elementos finitos	4 modelos de osteotomía femoral con acortamiento transversal de 30 mm al 30%, 40%, 50% y 60%	La osteotomía debe estar en 40% proximal del largo total del vástago, para la estabilidad de rotación en el posoperatorio
Significance of phase reversion-induced nanogained/ ultra fine-grained structure on the strain hardening behavior and deformation mechanism in copper-bearing antimicrobial austenitic stainless Steel (Dong et al., 2021)	Explorar el endurecimiento del Al austenico con Cu, con estudios de tracción y microscopía electrónica (ME) post-mortem, comparado con acero de grano grueso.	Láminas de AIA bajo efectos físicos y químicos para determinar su composición, y el tamaño a través de ME.	El AIA con agregados de Cu, da un efecto antibacteriano, confiere alta resistencia y ductilidad a los dispositivos biomédicos en el reemplazo de cadera.
Antithrombogenicity Study of a Covalently-Attached Mono-layer on Stent-Grade Stainless Steel (Yang et al., 2021).	Determinar la capacidad anti-trombogénica del Al 316L, recubierto con mono-etilenglicol.	Superficies de Al sometidas a silanización, en atmósfera inerte y anhidra.	El Al con superficie modificada, tiene gran capacidad antitrombogénica.
Post-Processing and Surface Characterization of Additively Manufactured Stainless Steel 316L Lattice: Implications for BioMedical Use (Teo et al, 2021).	Determinar los efectos de varias combinaciones de Al 316L	Laminas de Al sometidas a procesos físicos y químicos	Los desechos de partículas y rugosidad de la superficie después de cada método, tiene implicaciones para uso clínico.
Quantitative flow chamber system for evaluating biofilms and the kinetics SA formation in human plasma media (Sutipornpalankul et al., 2021)	Investigar la historia natural de S. aureus (SA) en la formación de biopelículas in vitro en plasma humano.	SA en materiales ortopédicos.	In vitro hubo formación de biopelículas de SA y presencia de fenotipos específicos de la cepa.

(Continuación) Tabla 1. Características de los artículos incluidos en este estudio

Design and Fabrication of a Customized Partial Hip Prosthesis Employing CT-Scan Data and Lattice Porous Structures (Corona et al., 2021)	Diseñar y fabricar un implante de cadera personalizado de Al, con datos tomográficos y estructuras celulares auto-soportadas.	Estructuras diseñadas con densidad ósea y propiedades mecánicas, comparables al tejido óseo	El diseño y fabricación de implantes son reproducibles y ajustados al tejido óseo.
Tresca Stress Simulation of Metal-on-Metal Total Hip Arthroplasty during Normal Walking Activity (Ammarullah et al., 2021)	Analizar la tensión Tresca de cojinetes de metal/metal con: Co, Cr, Mb, acero inoxidable 316L y aleación de Ti.	Simulación computacional predictor de las tensiones Tresca, de cadera en marcha	El Ti tiene mejor rendimiento para reducir la tensión Tresca comparado con los otros metales
Corrosion resistance of Al 316 stainless steel biomaterial after plasma immersion implantation of nitrogen (Zatkálíková et al., 2021)	Evaluar las propiedades de corrosión de las superficies de acero inoxidable AISI 316L tratadas con PIII	Laminas de Al tratadas con PIII (espectroscopia de impedancia y exposición por inmersión,	Se confirman un aumento en la resistencia a la corrosión después de dos dosis de nitruración PIII.
Improved Biological Responses of Titanium Coating Using Laser-Aided Direct Metal Fabrication on SUS316L Stainless Steel (Kim et al., 2021)	Determinar la eficacia de polvos metálicos de titanio puro al acero inoxidable 316L	Células adheridas al Al 316L recubierto con Ti	Revestimiento de Ti sobre Al 316L tiene mejor propiedad biomecánica que el Al 316L mecanizado.
Inverted reamer technique for bone grafting of the acetabulum: technical note (Okutani et al., 2021)	Introducir el método simple de injerto óseo (Escareador invertido: EI) en ATC cementada	Preparación del injerto óseo a partir de la cabeza femoral reseca con EI.	Se preserva el tejido óseo y se aumenta la cobertura ósea del implante.
Point-of-care antimicrobial coating protects orthopaedic implants from bacterial challenge (Xi et al., 2021)	Crear una tecnología de recubrimiento con agregado de antibiótico, aplicada en quirófano	Implante en animales con infección a la artroplastia y postcirugía espinal.	No se modifica el proceso de fabricación del implante, ni su vida útil.
Staphylococcus aureus (SA) Aggregates on Orthopedic Materials under Varying Levels of Shear Stress (Gupta et al., 2020.)	Cuantificar número, tamaño, área de agregados, y células individuales de SA en materiales ortopédicos quirúrgicos.	Material ortopédico usado en cirugía ortopédica (Al 316L, Ti, HA y PE).	SA inhibió unión de agregados en materiales, formación de biopelículas en implantes y tejidos.
Artroplastía Parcial de Cadera con Banda de Tensión en Fracturas de Fémur Proximal en Pacientes Ancianos (Espin et al., 2019)	Presentar la artroplastía parcial de cadera con banda de tensión, como tratamiento de fracturas de fémur proximal	12 pacientes con fracturas intertrocantericas compleja.	Hubo retorno de la actividad cotidiana, > 50% camina sin apoyo, sin complicaciones al año.
Ultrasonic cement removal in cement-in-cement revision total hip arthroplasty: What is the effect on the final cement-in-cement bond? (Liddle et al., 2019)	Evaluar el impacto de la remoción de cemento con el Sistema Orthosonics para la revisión de Artroplastía Cementada uniones cemento/cemento	24 muestras cementadas (Simplex P Bone Cement; Stryker) en moldes de acero inoxidable.	La unión cemento/cemento es significativamente más débil con otro procedimiento previo a la recementación
Static structural analysis of different stem designs used in total hip arthroplasty using finite element method (Chetan et al., 2019)	Utilizar diversas opciones en formas y materiales para diseños de vástago y acetabular.	Diseño circular, oval, elípticos y trapecoidal, con 3 secciones transversales (perfil 1, 2 y 3).	El perfil 2 de vástago trapecoidal de CoCr y copa acetabular, es el más adecuado

(Continuación) Tabla 1. Características de los artículos incluidos en este estudio

Efficacy of Kirschner-wires and ten-sion band hip arthroplasty for aged patients with unstable intertrochan-teric osteoporotic fracture: 2-to-11-year follow-up (Zhang et al, 2017)	Evaluar la eficacia de la fijación suplementaria en AC con agujas de Kirschner (AK) y banda de tensión (BT), en pacientes geriátricos con FOII.	103 pacientes mayores de 75 años	El uso de AK y BT en las FOII (fracturas osteoporóticas intertrocantéricas inestables) es eficaz en pacientes con ATC
Chromium oxide coatings with the potential for eliminating the risk of chromium ion release in orthopedic implants (Ojo & Ogwu, 2017)	Determinar la estabilidad electroquímica a la corrosión en los recubrimientos de óxido de cromo sobre el Al.	Láminas de Al recubiertas de Oxido de Cromo.	El estudio de dispositivos de Al recubiertos de Cr, sigue siendo un desafío importante de realizar

Fuente: Zhukov Paz y Miño Intriago, Saltos Arteaga, Sánchez Cabrera, Bermúdez Solorzano. (2020)

DESARROLLO Y DISCUSIÓN

El acero inoxidable 316 es el biomaterial más utilizado para uso clínico en los pacientes que ameritan implantes de la articulación coxofemoral. Desde que se inició su empleo en 1912, fue seleccionado como el material idóneo en cirugía ortopédica, por ser la característica principal que posee como es su resistencia a la corrosión (Learmonth, Young & Rorabeck, 2007). Esto aunado a los efectos beneficiosos que proporcionan al paciente al lograr su reincorporación a sus actividades habituales con el menor disconfort que se genera al inicio de su colocación.

No obstante, los efectos secundarios reportados en pacientes con dispositivos de Al 316 para implantes de cadera (Chan et al., 2021; Yang et al., 2021), han conducido a realizar investigaciones que lleven a un mejor conocimiento sobre sus propiedades, físicas, químicas y biológicas; así como la potenciación de efectos tales como el antimicrobiano, antitrombogénico y de mayor resistencia y ductibilidad, que ha mejorado considerablemente su uso en cirugía ortopédica,

Acero Inoxidable. Usos en cirugía de cadera

La articulación coxofemoral

La articulación coxofemoral o de la cadera, es una diartrosis del género de las enartrosis, conformada por dos elementos: la cabeza femoral de forma esférica y la cavidad cotilodea del coxal (cón-cava), que une el tronco con las extremidades inferiores. La cabeza del fémur se mueve en el interior

de la cavidad del coxal, cumpliendo dos imperativos mecánicos esenciales para su funcionamiento, el primero: ser una estructura de gran fortaleza que resiste el peso corporal y las cargas agregadas; y el segundo: realizar una gran variedad de movimientos. Toda esta estructura le permite al hombre mantener la postura erguida, la marcha bípeda, soportar cargas y efectuar movimientos a lo largo de la vida, imprescindible en la fisiología estática y dinámica del aparato locomotor (Viladot y Saló, 2009).

En el desarrollo embriogénico de la cadera se visualizan los primeros esbozos de las extremidades en la 4^{ta} semana después de la fertilización, y la organización del mesénquima que dará origen al esqueleto, entre otras estructuras. En la 7^{ma} semana se evidencia la cavidad articular y la epífisis proximal del fémur, cuya cabeza es esférica desde su origen y se inicia la vascularización; en la semana 11^{ava} se configura la articulación coxofemoral; y entre las 12 y 18 semanas se desarrollan los músculos (confiriendo la estabilidad externa de la cadera), y los nervios cuyos impulsos producen la contracción muscular. La osificación comienza en los primeros meses de vida y se completa entre los 16 y 18 años, al producirse el cierre de las zonas de crecimiento de esta articulación (Raimann y Aguirrea, 2021).

Como se aprecia, existe una importante característica anatómica entre el individuo joven y el adulto, aspecto importante de considerar dadas las patologías propias de cada edad como la osteoartritis y la osteoporosis frecuente en la tercera edad y la displasia de la cadera en la niñez, o lesiones provocada por fuerzas extremas aplicadas sobre esta articulación como ocurre con los accidentes

de autos o motos, entre otros, o actividades deportivas como correr o la gimnasia, entre otras, cuyo tratamiento incluye reposo, fármacos, fisioterapia y hasta su reemplazo.

Cirugía de Cadera

La artroplastia o recambio articular de la cadera es un procedimiento quirúrgico irreversible ejecutado en pacientes quienes han fallado con otros tipos de tratamientos, que presenta enfermedad articular severa. Por lo general, este recambio es seguro y efectivo, mejorando la calidad de vida, reduciendo el dolor y re-estableciendo la función articular en los pacientes con severa incapacidad. Para el tratamiento quirúrgico se requiere un estudio radiológico que evidencia daño articular, la presencia de dolor, y/o la incapacidad persistente (moderada o severa) de la actividad que se realiza, sin mejoría con el tratamiento no quirúrgico. Sus resultados dependerán del momento de realización de la cirugía, la experiencia del cirujano, el estado preoperatorio del paciente, el manejo peri y postoperatorio y la rehabilitación ulterior (Learmonth, Young & Rorabeck, 2007).

La artroplastia de cadera, parcial o total, es un procedimiento frecuentemente realizado en la cirugía ortopédica, en la cual se sustituye o reemplaza la cadera por un sistema predominantemente metálico, especialmente en los casos en los cuales los principales componentes de esta articulación estén severamente afectados (Williams et al., 2008).

Las indicaciones de la artroplastia total de cadera (ATC) son principalmente osteoartritis, que es la forma más común de artritis, en la cual se produce degradación del cartílago articular y termina afectando al hueso subyacente. Aunque un 40% de los pacientes pueden no manifestar dolor, presentan evidencia radiológica de daño de esta articulación (Aranda-Villalobos et al., 2013).

Otras patologías en las cuales se realiza una artroplastia parcial o total de cadera es la artritis reumatoide, la necrosis avascular, artritis traumática, fracturas no resolutivas, tumores óseos benignos y malignos, artritis asociada a enfermedad de Paget, espondilitis anquilosante y artritis reumatoide juvenil (Learmonth, Young & Rorabeck, 2007). En todas estas patologías, el dolor y la dificultad de función la función articular son los síntomas más apremiantes que refieren los pacientes, más aun cuando se han hecho crónicas. Esto motiva a considerar el reemplazo de la cadera como una opción terapéutica,

cuando han fallado todo tipo de tratamiento convencional.

Para llevar a cabo este procedimiento quirúrgico, se han diseñado prótesis de cadera según la parte afectada, así se tiene el vástago, cabeza femoral artificial y el acetábulo, para desempeñar las funciones del fémur, la cabeza femoral y acetábulo natural o cótilo, respectivamente (Zujur y Álvarez, 2016).

Por otra parte se destaca la importancia de determinar factores presentes en el paciente que será sometido a artroplastia total de cadera, porque se ha encontrado que la diabetes, la edad avanzada, el sobrepeso, el hábito alcohólico y vivir en zonas rurales, muestran una mayor frecuencia de infección de la articulación periprotésica (Wu et al., 2014; Park et al., 2019),

Avances en el conocimiento sobre el Al 316 usados en las prótesis ortopédicas

Para disminuir el fracaso que se presenta en los implantes de cadera se han realizado importantes innovaciones, entre estas las aleaciones del acero inoxidable con otros elementos, con el fin de hacerlo más resistente a la corrosión; sin embargo, la ocurrencia de infecciones o inflamación relacionadas con el implante, sigue siendo una de los puntos a resolver. Aunque en los procedimientos quirúrgicos ortopédicos de la cadera, se cuida el proceso a seguir, comenzando porque este sea extremadamente estéril, hasta la indicación con antibioticoterapia perioperatoria, existe la aparición de infección posterior a la fijación interna de la prótesis, la cual oscila entre 0,4% y el 16,1% (Li et al., 2016).

Para evitar o disminuir estas infecciones sobre la superficie del material implantado con acero inoxidable, se han desarrollado diversas aleaciones antibacterianas, que deben tener una capacidad antibacteriana estable a largo plazo, sin que se pierda la propiedad mecánica o de biocompatibilidad. El acero inoxidable antibacteriano ha mostrado inhibición en la adhesión, crecimiento y proliferación de las bacterias que puedan presentarse. Entre las combinaciones que se han utilizado en el Al se mencionan el cobre (Cu) y la plata (Ag), las cuales exhiben una buena capacidad antibacteriana contra muchas bacterias (Zhang et al., 2013; Dong et al., 2021).

También se han empleado diferentes elementos químicos como el Cerio (Ce), entre otros, el cual exhibe una capacidad antibacteriana muy fuerte,

mucho mayor que el Cu y la Ag; no obstante aun su mecanismo no esta claro. Lo anteriormente descrito aun es motivo de controversia, pues no se conoce claramente el mecanismo antibacteriano, ni los efectos secundarios a largo plazo o la respuesta celular ante las biomodificaciones que sufren estos materiales (Zhang et al., 2021).

Uno de los temas estudiado en los últimos años se refieren a la inestabilidad y las luxaciones de cadera que se producen en una ATC primaria, siendo la segunda causa que amerita revisión quirúrgica. Entre los factores de riesgo a considerar se identifican la edad (70 años o más), la obesidad, el habito alcohólico y las enfermedades neurodegenerativas (Esclerosis Múltiple, Enfermedad de Parkinson). Esta luxación amerita procedimientos de revisión, para lo cual utilizan articulaciones de movilidad dual (Harwin et al., 2017; National Joint Replacement, 2017). Esto representa una carga mayor para los sistemas de salud, porque además de lo requerido para la cirugía, se agrega la estadía hospitalaria cuyo promedio es mayor de 6 días, con un costo calculado en más de 54.000 dólares para los EE.UU (Sánchez-Sotelo et al., 2006). Por ello los estudios se han dirigido a las construcciones de movilidad dual con el objetivo de mejorar la estabilidad de la ATC (Hartzler et al., 2018).

Al respecto, Harwin y colaboradores evaluaron la supervivencia, los resultados radiográficos, el puntaje de Harris Hip y las complicaciones de la articulación de doble movilidad (DM) en ACT primaria, en pacientes con alto riesgo de luxación posoperatoria. La supervivencia estuvo entre el 99,6%-99,2% y se requirió la revisión quirúrgica en dos oportunidades; la evaluación radiográfica no anormalidades en la posición de los componentes; las complicaciones quirúrgicas incluyeron un revestimiento de polietileno y un vástago femoral flojo. Resaltan que las articulaciones de DM en ATC primaria ofrecen a corto plazo, supervivencia, resultados y complicaciones comparables a la ATC convencional, en pacientes con mayor riesgo de luxación posoperatoria (Harwin et al, 2017).

Otro de los retos presentes en los últimos tiempos es la cirugía asistida por computadora, la cual contribuirá en hacer más precisa la colocación de los implantes. No obstante, las limitaciones económicas que presentan los servicios de salud, sugieren que los futuros desarrollos que se consideren en la cirugía del reemplazo de cadera, se regirán por su costo, estimado en 2,5 millones de dólares para la fabricación de los dispositivos médicos como el acero inoxidable (Zhang et al., 2021).

CONCLUSIONES

A pesar de las evidencias descritas sobre el beneficio proporcionado por la prótesis de Al 316 en el reemplazo de la articulación coxofemoral, se reportan efectos indeseables a corto, mediano y largo plazo después de la cirugía, requiriendo muchas veces una nueva intervención quirúrgica; esto afecta al paciente desde el punto de vista clínico y de costos. Esta situación ha llevado a realizar modificaciones sobre estos dispositivos, para disminuir las morbilidades ocasionadas por el implante; bien agregando elementos que generen actividad antimicrobiana, o inhibición de la formación de trombos; o transformando sus características físicas o mecánicas para evitar la luxación o conferir mayor estabilidad a la articulación; o la ejecución de técnicas quirúrgicas novedosas que permitan al paciente volver su estilo de vida con la menor dificultad.

A pesar de las numerosas publicaciones sobre este tema, la mayoría son diseños descriptivos u observacionales, bien prospectivos o retrospectivos, con pocos ensayos clínicos aleatorizados y prospectivos, o con unidades de análisis no representativas, o de resultados contradictorios. Por su parte, los trabajos de tipo experimental, aunque han tomado auge en el último quinquenio, no son numerosos. Esto se suma a que la mayoría de los estudios incluidos en esta investigación, se han realizado en países desarrollados y muy pocos en Latinoamérica, lo cual podría ser una limitación cuando se desea analizar diferentes grupos poblacionales.

A pesar de todo lo descrito anteriormente, es indudable el beneficio que se ha logrado en pacientes con limitación en sus movimientos corporales, por afectación de la articulación coxofemoral, bien por traumatismo, enfermedades o de carácter espontánea, ocurridas predominantemente en personas de la tercer edad. No obstante, independientemente de la edad, los implantes de cadera con Al 316, han sido una alternativa esperanzadora que ha permitido a los pacientes tener una mejor calidad de vida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aranda-Villalobos P., Fernández C., Navarro-Espigares J., Hernández-Torres E., Villalobos M., Arendt-Nielsen L., & Arroyo M. (2013). Normalization of widespread pressure pain hypersensitivity after total hip replacement in patients with hip osteoarthritis is associated with clinical and functional improvements. *Arthritis Rheum*, 65: 1262-1270.

- Arash V., Keikhaee F., Rabiee S., Rajabnia R., Khafri S., & Tavanafar, S. (2016). Evaluation of antibacterial effects of silver-coated stainless steel orthodontic brackets. *Journal of dentistry (Tehran, Iran)*, 13(1): 49–54.
- Arthur W.B. (2009). *The nature of technology. What it is and how it evolved.* New York: Free Press.
- Chan P. K., Cheung S. L., Lam K. H., Fung W. C., Chan V., Cheung A., Cheung M. H., Fu H., Yan C. H., & Chiu K. Y. (2021). Use of a modular hip dual-mobility articulation in patients with high risk of dislocation: a relatively small-sized acetabulum in Asian patients may limit its use. *Arthroplasty (London, England)*. 3(1): 7. <https://doi.org/10.1186/s42836-020-00066-0>.
- Di Puccio F., & Mattei L. (2015). Biotribology of artificial hip joints. *World journal of orthopedics* 6(1): 77–94. <https://doi.org/10.5312/wjo.v6.i1.77>
- Dong H., Li Z., Somani M., & Misra R. (2021). The significance of phase reversion-induced nanograined/ultrafine-grained (NG/UFG) structure on the strain hardening behavior and deformation mechanism in copper-bearing antimicrobial austenitic stainless Steel. *J Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 119: 104489. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2021.104489>.
- Duffo G. (2012). *Materiales y materias primas. Capítulo 8-Biomateriales.* Ministerio de Educación-Instituto Nacional de Educación Tecnológica. <http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/biometales.pdf>.
- Hartzler M., Abdel M., Sculco P., Tauton M., Pagnano M., & Hanssen A.D. (2018). Otto aufranc award: dual-mobility constructs in revision the reduced dislocation, rerevision, and reoperation compared with large femoral heads. *Clin Orthop Relat Res*. 476(2): 293-301.
- Harwin S., Mistry J., Chughtai M., Khlopas A., Chukwuweike G., Newman J., Higuera C., Bonutti P., Malkani A., Kolisek F., Delanois R., & Mont M. (2017). Dual Mobility Acetabular Cups in Primary Total Hip Arthroplasty in Patients at High Risk for Dislocation. *Surg Technol Int*, 30: 251-258.
- Hoyos C. (2000). *Un modelo para Investigación Documental: Guía teórico-práctica sobre construcción de estados del arte.* Medellín: Señal Editora
- Learmonth I., Young C., & Rorabeck C. (2007). The operation of the century: total hip replacement. *Lancet*, 370 (9597): 1508-1519. [https://doi.org/10.1016/S0140-673 \(07\)60457-7](https://doi.org/10.1016/S0140-673 (07)60457-7)
- Li M., Ma Z., Zhu Y., Xia H., Yao M., Chu X., Yang K., Yang M., Zhang Y., & Maos C. (2016). Toward a molecular understanding of the antibacterial mechanism of copper-bearing titanium alloys against *Staphylococcus aureus*. *Adv. Healthcare Mater*, 5(5): 557-66. doi:10.1002/adhm.20150 0712.
- National Joint Replacement Registry, Australian Orthopaedic Association. (2017). *Hip, Knee & Shoulder Arthroplasty. Annual Report.* 10.13140/RG.2.2.27578.0864
- Organización Mundial de la Salud. (2008). *Alianza Mundial Para la seguridad del paciente. Segundo reto mundial por la seguridad del paciente. La cirugía segura salva vidas.* https://who.int/patients-safety/ sssl_brochure_spanish.pdf
- Park B., Lim K., Shon W., Shetty Y., & Heo K. (2019). Comparison of Functional outcomes and associated complications in patients who underwent total hip arthroplasty for femoral neck fracture in relation to their underlying medical comorbidities. *Hip & Pelvis*. 31(4): 232-237.
- Pardo A., Merino M., Coy A., Viejo F., Arrabal R., & Matykina E. (2008). Effect of Mo and Mn additions on the corrosion behavior of AISI 304 and 316 stainless steels in H₂SO₄. *Corrosion Science*. 50: 780–794.
- Pereda M., Kang K., Bonetto R., Llorente C., Bilmes P., & Gervasi, C. (2012). Impact of surface treatment on the corrosion resistance of ASTM F138-F139 stainless steel for biomedical applications. *Procedia Materials Science*. 1: 446–55.
- Raimann R., & Aguirrea D. (2021). Displasia del desarrollo de la cadera: tamizaje y manejo en el lactante. *Rev Med Clin Condes*. 32(3): 263-270.
- Sanchez-Sotelo J., Haidukewych G., & Boberg C. (2006). Hospital cost of dislocation after primary total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg*, 88(2): 290-4.
- Seisamed. (2017). *Uso de acero inoxidable en equipos para hospitales.* SeisaMed. <https://www.seisamed.com/uso-de-acero-inoxidable-en-equipos -para- hospitales>
- Viladot Voegeli A. (2009). *Anatomía funcional de la cadera.* En: Balibrea Cantero JL, Balibrea. *Traumatología*. 14a ed. Madrid: Marban. p. 185-194
- Williams S., Bachison C., Michelson J., & Manner P. (2008). Component position in 2-incision minimally invasive total hip arthroplasty compared to standard total hip arthroplasty. *J. Arthroplasty*, 23: 197-202.

- Wu C., Qu X., Liu F., Li H., Mao Y., & Zhu Z. (2014). Risk factors for periprosthetic joint infection after total hip arthroplasty and total knee arthroplasty in Chinese patients. *PloS one*, 9(4): e95300.
- Yang T., DeLaFraniar B., & Thompson M. (2021). Anti-Thrombogenicity Study of a Covalently-Attached Monolayer on Stent-Grade Stainless Steel. *Materials*, 14: 2342. <https://doi.org/10.3390/ma14092342>.
- Zhang E., Zhao X., Hu J., Wang R., Fu S., & Qin G. (2021). Antibacterial metals and alloys for potential biomedical implants. *Bioactive Materials*, 6: 2569–2612.
- Zhang D., Ren L., Zhang Y., Xue N., Yang K., & Zhong M. (2013). Antibacterial activity against *Porphyromonas gingivalis* and biological characteristics of antibacterial stainless steel. *Colloids Surf. B Biointerfaces*. 105: 51–57.
- Zhang H., Guo S., Wang D., Zhou T., Wang L., & Ma J. (2016). Effects of nanostructured, diamond-like, carbon coating and nitrocarburizing on the frictional properties and biocompatibility of orthodontic stainless steel wires. *Angle Orthod.* 86 (5): 782–788.
- Zhang H., Xu Z., Zhou A., Yan W., Zhao P., Huang X., & Zhang J. (2017). Efficacy of Kirschner-wires and tension band in hip arthroplasty for aged patients with unstable intertrochanteric osteoporotic fracture: A 2-to-11-year follow-up. *Medicine*, 96(1): e5614. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000005614>
- Zujur D., & Álvarez-Barreto J.F. (2016). Prótesis en artroplastia total de cadera y recubrimientos bioactivos de quitosano para mejorar su desempeño. *Revista Ingeniería Biomédica*. 10 (19): 33-43.