



Lo nuevo en el diseño, composición y recubrimiento de las prótesis totales de sustitución de la rodilla

New developments in the design, composition, and coating of total knee replacement prostheses

Víctor Hugo Barrientos Ramos¹, Paolo Francesco Barrientos Salazar², Piero Alexander Barrientos Salazar³

¹Docente de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica. Traumatólogo Hospital Regional de Ica, Perú.
<https://orcid.org/0000-0002-8320-5794>

²Médico Cirujano. Residente del Hospital Nacional Guillermo Almenara Yrigoyen. <https://orcid.org/0000-0003-1647-6970>

³Estudiante de Medicina Humana. <https://orcid.org/0009-0003-8422-4107>

DOI: <https://doi.org/10.35563/rmp.v8i2.660>

Estimado Sr. Editor

El reemplazo de la articulación de la rodilla es un procedimiento rutinario y ampliamente exitoso que utiliza implantes para restaurar la movilidad y aliviar el dolor en personas que padecen patologías, como la osteoarthritis (artrosis). Desafortunadamente, los iones y partículas metálicas liberadas tanto de las superficies de apoyo , como en las interfaces no articulares, llámese componentes modulares; pueden causar hipersensibilidad y necrosis tisular local. Por otra parte, las partículas provenientes del componente polimérico se han asociado con aflojamiento aséptico y osteólisis. Hoy en día se sabe que estos recubrimientos de implantes tienen el potencial de mejorar las propiedades en comparación con las alternativas de metal y cerámica . Los recubrimientos cerámicos tienen la resistencia al rayado, mejorar la humectabilidad y reducir el desgaste de las superficies articulares. Sin embargo el sustrato metálico mantiene la dureza general del implante; lo que garantiza un menor riesgo de fallo del dispositivo en comparación con el uso de la cerámica . Los recubrimientos también pueden actuar como barreras para inhibir la liberación de iones del material subyacente causada por la corrosión¹⁻⁴.

Algunos implantes recubiertos se han comercializado con éxito y están disponibles. Éstos incluyen recubrimientos a base de nitruro de titanio (TiN), nitruro de titanio y niobio (TiNbN), zirconio oxidado (OxZr) y nitruro de zirconio (ZrN). Hoy la investigación se centra no solo en éstos, sino también en recubrimientos a base de carbono similar al diamante (DLC), nitruro de silicio (SiN), nitruro de cromo (CrN) y recubrimientos a base de tantalio (TaN y TaO) ^{5,6,8,9}.

Los materiales de recubrimiento mencionados anteriormente, que aún se encuentran en fase de investigación, han demostrado ser no citotóxicos y reducir el desgaste en el laboratorio. Sin embargo, la adhesión de los recubrimientos de los implantes sigue siendo un área importante de preocupación, ya que una adhesión deficiente puede causar delaminación y un desgaste excesivo ^{10,11,12,13, 14}.

Con respecto a la composición metálica de la prótesis, el implante de Ti (titanio), que es más ligero; no mostró ningún beneficio clínico sobre los implantes de CoCr. La ligereza del implante de Ti no es lo suficientemente importante como para ser perceptible por el paciente. Sin embargo, el implante de Ti sí mostró una tasa de menor

medida que el implante de CoCr. en función de la línea radiolúcida (RLL), con menor grado de pérdida ósea tibial medial y disminución del aflojamiento observado en la radiografía^{1,2}; además de producir menos corrosión¹⁵.

Sin embargo, los iones metálicos y las partículas liberadas tanto de las superficies de apoyo como de las interfaces no articuladas, (en los componentes modulares), pueden causar hipersensibilidad y necrosis tisular local, mientras que las partículas que se originan a partir de un componente de polímero se han asociado con el aflojamiento aséptico y la osteólisis. Los recubrimientos de implantes tienen el potencial de mejorar las propiedades en comparación con las alternativas de metal y cerámica. Los recubrimientos cerámicos tienen la capacidad de aumentar la resistencia al rayado, mejorar la humectabilidad y reducir el desgaste de las superficies articulares en comparación con el sustrato metálico, al mismo tiempo que mantienen la dureza general del implante, lo que garantiza un menor riesgo de falla muy grave del dispositivo en comparación con el uso de una cerámica. Los recubrimientos también pueden actuar como barreras para inhibir la liberación de iones del material subyacente causada por la corrosión¹⁵. Todos los metales en las prótesis de rodillas pueden causar hipersensibilidad, incluso el titanio^{3,12,13}.

Se ha demostrado también que los materiales de recubrimiento mencionados anteriormente que aún se encuentran en la etapa de investigación no son citotóxicos y reducen el desgaste en un entorno de laboratorio. Sin embargo, la adhesión de los recubrimientos de los implantes sigue siendo un área principal de preocupación, ya que una adhesión deficiente puede causar delaminación y desgaste excesivo. A su vez, en aplicaciones clínicas, las superficies de implantes de circonio tratadas para lograr una película de óxido de circonio y los implantes recubiertos con TiNbN han demostrado ser comparables a los implantes tradicionales de cromo-cobalto en lo que respecta a los números de revisión^{1,5,6}. Además, los niveles de iones de cromo medidos en el plasma de los pacientes fueron más bajos y se aliviaron los síntomas de alergia. Por lo tanto, los implantes recubiertos podrían considerarse una alternativa a los implantes metálicos sin recubrimiento, en particular para pacientes con hipersensibilidad a los metales^{4,5,6}.

El carbono tipo diamante (DLC) mencionado, se ha utilizado como material de recubrimiento de elección para una variedad de aplicaciones tecnológicas debido a sus favorables características bio-tribo-termomecánicas. Hay la posibilidad de incorporar DLC a los implantes articulares ortopédicos. Con un número cada vez mayor de pacientes que padecen osteoartritis, así como con la penetración del malestar de las articulaciones osteoartíticas en grupos demográficos más jóvenes y activos, existe una necesidad apremiante de aumentar el rendimiento y la integridad de los reemplazos articulares totales (TJR) convencionales. Los dispositivos de reemplazo articular contemporáneos utilizan articulaciones de metal sobre polímero para restaurar la función del cartílago desgastado, dañado o enfermo. El desgaste de los componentes poliméricos se ha abordado mediante reticulación y antioxidantes; sin embargo, en el contexto de los componentes metálicos, aún persisten las complicaciones relacionadas con la corrosión y la liberación de iones metálicos dentro del cuerpo. Se debe explorar aún más el uso de recubrimientos de DLC en superficies de apoyo metálicas y obtendríamos comprobar el por qué esta tecnología podría ser una solución viable para los desafíos electroquímicos actuales en ortopedia¹⁶.

Hay diferentes características de los recubrimientos de DLC y su viabilidad en las reconstrucciones de la articulación, mediante la evaluación de métodos de caracterización de materiales tribo. Se analiza una caracterización de la interfaz recubrimiento-sustrato y el rendimiento de desgaste de dichos sistemas. Al igual que con todos los biomateriales utilizados en las reconstrucciones de la articulación, se debe tener en cuenta los posibles desafíos in vivo. Hay algunas advertencias para los recubrimientos de DLC, incluidas la delaminación, la hidrofobicidad y otros hallazgos contradictorios y obsoletos en la literatura. Se recomienda explorar con prudencia las películas de DLC como posibles recubrimientos en componentes metálicos de las reconstrucciones de la articulación para resolver los problemas relacionados con el desgaste, la liberación de iones metálicos y la corrosión. En última instancia, se recomienda llevar el DLC al uso clínico solo después de abordar todos los desafíos. Pero ha habido introducciones fallidas en el mercado en la parte clínica, como de estos implantes recubiertos con DLC (Carbono tipo diamante); aunque no descartado completamente, porque se sigue estudiando^{4, 16, 17, 18}.

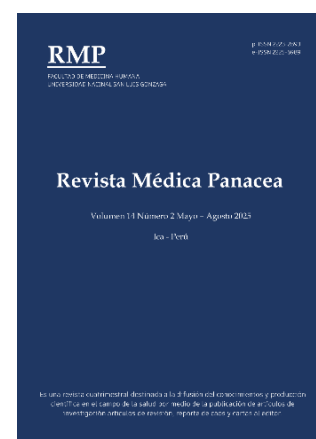
En aplicaciones clínicas, las superficies de implantes de zirconio tratadas para lograr una película de óxido de zirconio y los implantes recubiertos de TiNbN han demostrado ser comparables a los implantes tradicionales de cromo-cobalto en cuanto a números de revisión. Además, los niveles de iones de cromo medidos en el plasma de los pacientes fueron más bajos y se observó un alivio de los síntomas de alergia.

Por lo tanto, los implantes recubiertos podrían considerarse una alternativa a los implantes metálicos sin recubrimiento, en particular para pacientes con hipersensibilidad a los metales ^{14, 16}.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Skjöldebrand C, Tipper JL, Hatto P, Bryant M, Hall RM, Persson C. Current status and future potential of wear-resistant coatings and articulating surfaces for hip and knee implants. *Mater Today Bio*. 2022 Apr 30;15:100270. doi: 10.1016/j.mtbio.2022.100270. PMID: 35601891; PMCID: PMC9118168.
2. Kim JK, Park IW, Ro DH, Mun BS, Han HS, Lee MC. Is a Titanium Implant for Total Knee Arthroplasty Better? A Randomized Controlled Study. *J Arthroplasty*. 2021 Apr;36(4):1302-1309. doi: 10.1016/j.arth.2020.11.010. Epub 2020 Nov 12. PMID: 33349499.
3. Rasanna S, Rane M, Singh S, Kharkar V. Cutaneous Metal Hypersensitivity Syndrome in Total Knee Arthroplasty with Titanium-Coated Implant. *Indian J Dermatol*. 2022 Nov-Dec;67(6):812-813. doi: 10.4103/ijd.ijd_791_22. PMID: 36998832; PMCID: PMC10043722.
4. Banci L, Balato G, Salari P, Baldini A (2021) Revisión sistemática y metaanálisis de implantes con recubrimiento cerámico en artroplastia total de rodilla. Resultados a medio plazo comparables a los de los implantes sin recubrimiento. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. <https://doi.org/10.1007/s00167-021-06> - DOI - PubMed
5. Thienpont E. Titanium niobium nitride knee implants are not inferior to chrome cobalt components for primary total knee arthroplasty at medium-term follow-up. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2023 Aug;143(8):5269-5275. doi: 10.1007/s00402-022-04754-1.
6. Sellin ML, Seyfarth-Sehlke A, Aziz M, Fabry C, Wenke K, Høl PJ, Rios-Mondragon I, Cimpan MR, Frank M, Bader R, Jonitz-Heincke A. Isolation of TiNbN wear particles from a coated metal-on-metal bearing: Morphological characterization and in vitro evaluation of cytotoxicity in human osteoblasts. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2024 Jan;112(1):e35357. doi: 10.1002/jbm.b.35357. PMID: 38247242.
7. Grimberg AW, Grupp TM, Elliott J, Melsheimer O, Jansson V, Steinbrück A (2021) El recubrimiento cerámico en la artroplastia total primaria de rodilla cementada no se asocia con una disminución del riesgo de revisión debido a la infección temprana de la prótesis articular. *J Arthroplasty* 36:991 - DOI – PubMed
8. Hauer G, Leitner L, Ackerl MC, Klim S, Vielgut I, Ehall R, Glehr M, Leithner A, Sadoghi P (2020) El recubrimiento de nitruro de titanio no produce un mejor resultado clínico en comparación con la artroplastia total de rodilla convencional con cobalto-cromo tras un seguimiento a largo plazo: un análisis de emparejamiento por puntuación de propensión. *Coating* 10:442–452. <https://doi.org/10.3390/coatings10050> - DOI
9. Herbster M, Döring J, Nohava J, Lohmann CH, Halle T, Bertrand J (2020) Estudio de recuperación de recubrimientos de implantes de rodilla TiN, TiNbN y ZrN disponibles comercialmente sobre TiAl6V4 y CoCr28Mo6. *J Mech Behav Biomed Mater* 112:104034 - DOI – PubMed
10. Kellens J, Berger P, Vandenneucker H (2021) Generación de residuos metálicos por desgaste en la artroplastia total primaria de rodilla. *Acta Orthop Belg* 87:681–695 - DOI – PubMed
11. Łapaj Ł, Rozwalka J (2020) Análisis de recuperación de prótesis de rodilla recubiertas de TiN (nitruro de titanio): desgaste y degradación del recubrimiento in vivo. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 108(4):1251–1261 - DOI – PubMed
12. Lionberger DR et al. (2018) ¿Qué papel juega la sensibilización a la alergia a metales en la revisión de la artroplastia total de rodilla? *J Exp Orthopaedics* 5:30. <https://doi.org/10.1186/s40634-018-0146-4> - DOI
13. Matar HE, Porter PJ, Porter ML (2021) Alergia a metales en artroplastias totales de rodilla primarias y de revisión. *Bone Jt Open* 10:785–795 – DOI
14. Beckmann J, Meier MK, Benignus C, Hecker A, Thienpont E. Artroplastia de rodilla contemporánea: ¿Una solución universal o la hora de la diversidad? *Arch Orthop Trauma Surg*. 2021;141:2185-2194.
15. Ragone V, Canciani E, Biffi CA, et al. Comportamiento de liberación de iones en aleaciones de CoCrMo mediante recubrimiento de TiNbN: un estudio in vitro. *Biomed Microdevices*. 2019;21:61.
16. Hodges NA, Sussman EM, Stegemann JP. Aflojamiento aséptico y séptico de prótesis articular: impacto del desgaste del biomaterial en la función de las células inmunitarias, la inflamación y la infección. *Biomateriales*. 2021;278:121127.

17. Schroeder S, Braun S, Mueller U, et al. Desgaste de polietileno y liberación de metal en implantes de rodilla recubiertos con TiNbN. Desgaste. 2020;458-459:203426.
18. Klinder A, Seyfarth A, Hansmann D, Bader R, Jonitz-Heincke A. Respuesta inflamatoria de células mononucleares y osteoblastos de sangre periférica humana incubados con partículas submicrónicas metálicas y cerámicas. Front Immunol. 2018;9:831.



Autor corresponsal:

Barrientos Ramos, Víctor Hugo
Dirección: Calle La Mar 789. Segundo Piso
Teléfono: 955823795

Contribuciones de los autores:

VHBR: Responsable de la redacción del artículo, desarrollando el contenido principal y la estructura del texto. PFBS: Encargado de la revisión exhaustiva de la redacción, asegurando la claridad, coherencia y calidad del manuscrito. PABS: Responsable de la digitación y formato del documento, garantizando una presentación adecuada según las normas de la revista.

Conflicto de intereses:

Ninguno

Financiamiento:

Autofinanciado

Citar como:

Barrientos-Ramos V, Barrientos-Salazar P, Barrientos Salazar P. Lo nuevo en el diseño, composición y recubrimiento de las prótesis totales de sustitución de la rodilla. Rev Méd Panacea. 2025;14(2):111-115

DOI: <https://doi.org/10.35563/rmp.v8i2.660>