

Primera experiencia en Uruguay de planificación quirúrgica 3D y uso de implantes a medida en resecciones extensas de pared torácica

Andrés Berke^{1*} , Julio Trostchansky Vasconcellos¹ , Emilio Durand¹ , Pablo Palacio¹ , Gerardo Bruno¹ 

¹Hospital Maciel, Montevideo, Uruguay

Fecha de recepción: 07-05-2025

Fecha de aceptación: 18-07-2025

*Correspondencia: Andrés Berke. a.berke26@gmail.com

Resumen

Introducción: La resección oncológica de la pared torácica crea defectos significativos, demandando una reconstrucción funcional y estética. Aunque existen diversas estrategias reconstructivas, en este trabajo destacamos la planificación 3D y los implantes a medida representan una técnica novedosa que optimiza los criterios oncológicos, funcionales y estéticos, mejorando la comprensión preoperatoria y la precisión quirúrgica.

Objetivo: Documentar la primera experiencia en Uruguay de esta estrategia de diagnóstica y terapéutica.

Casos clínicos: Se presentan dos casos clínicos. Paciente masculino de 64 años, secundarismo de carcinoma espinocelular de piel en pectoral menor, tratado con quimiorradioterapia neoadyuvante. Se plantea tratamiento quirúrgico: resección de pared torácica con márgenes oncológicos y reconstrucción parietal. Se realizó un biomodelo híbrido 3D (TC, RM, PET/TC) para planificación quirúrgica, se diseñan dos implantes rígidos de titanio para las costillas 1ª, 2ª y 3ª. La impresión 3D del defecto en PLA (ácido poliláctico) para planificación y guía intraoperatoria. Se realiza cirugía de coordinación. El paciente tuvo una buena evolución, alta al décimo día y sin recidiva a los 9 meses de seguimiento. Paciente femenina de 49 años con metástasis esternal y costal de cáncer de mama. Se plantea metastasectomía con reconstrucción parietal. Se realizó biomodelo 3D para planificación, diseño de la prótesis parietal. Cirugía de coordinación, resección esternal y condrocostal con preservación de pectorales, implante de la prótesis de titanio semirrígida a medida. Se realizó la cirugía con éxito y la paciente fue dada de alta al décimo día, sin signos de recidiva a los 9 meses de seguimiento.

Discusión: La resección quirúrgica en bloque con márgenes negativos es primordial para el tratamiento de tumores de pared torácica, y la reconstrucción es crucial para prevenir complicaciones como la herniación pulmonar o el volet costal en defectos mayores de 5 cm. Las prótesis de titanio son una opción válida y versátil para restaurar la rigidez y la función ventilatoria. Esta estrategia de planificación quirúrgica y diseño de implante a medida es la primera vez que fue utilizada en Uruguay.

Palabras clave: Pared torácica. Resección oncológica. Reconstrucción parietal.

Introducción

La resección de pared torácica con criterios oncológicos es una cirugía compleja que confiere un gran defecto parietal, con la consecuente afectación funcional y estética. Lo que determina la reconstrucción de

esta pared como uno de los elementos fundamentales a la hora de planificar estas cirugías. Comúnmente se han utilizado diferentes estrategias para la reconstrucción parietal (prótesis costales de acrílico, mallas de polipropileno, mallas de metil metacrilato, prótesis costales de titanio y combinaciones de las mismas).

La tecnología y uso de imágenes 3D para planificar la resección y la reconstrucción con un implante a medida del paciente es una técnica novedosa que aporta un mayor criterio oncológico, funcional y estético.

Caso clínico 1

Paciente de sexo masculino de 64 años, portador de un carcinoma localizado en pectoral menor derecho, secundario a un tumor espinocelular de piel. El paciente consultó en puerta de emergencia por dolor local y tumoración a dicho nivel. Se completó el estudio con TC de tórax, RM y PET/TC. El diagnóstico anatomopatológico de carcinoma escamoso moderadamente diferenciado, se obtuvo a través de punción bajo TC.

Paciente se realiza PQT/RT con criterio neoadyuvante a bases de carboplatino/paclitaxel por 14 ciclos. Se reestadifica en vistas al tratamiento quirúrgico. PET/TC: reducción significativa del tumor, que mide luego del tratamiento 45 x 42 x 43 mm, con hipercaptación del radiotrazador SUV 14.8. No se observan lesiones en otros territorios.

Se realiza biomodelo híbrido, combinando TC, PET/TC y RM para estudio anatómico, incluyendo biomodelo óseo, pectorales mayor y menor, tumor y ejes vasculares comprometidos. Durante la planificación quirúrgica, en reunión de equipo multidisciplinario se simulan márgenes de 20, 30 y 40 mm, evaluando las estructuras a reseca y el defecto parietal resultante. Estos biomodelos fueron construidos en reunión multidisciplinaria que incluía cirujanos, imagenólogos y bioingenieros. Una vez realizado, fue compartido a través de una app para móviles para que todo el equipo se familiarizara con los mismos. Esta app permite una visualización en 3D del biomodelo del paciente, se agregaron e individualizaron estructuras importantes a la cirugía a realizar (ejemplo: planos musculares, arteria y vena subclavia, plexo braquial, etc.), lo que permite sustraer o agregar al biomodelo estas estructuras, logrando una planificación "plano a plano".

Se decide resección "en bloque", con osteotomía costal y diseño de dos implantes rígidos, a medida, de aleación de titanio, para cubrir defectos a nivel de la primera, segunda y tercera costilla, identificados como los sitios de mayor inestabilidad de la pared torácica luego de la resección. El primer implante consta de un segmento de la primera y de la segunda costilla, unidos por su extremo esternal en un segmento de fijación único que copia la superficie anterior del manubrio esternal. El segundo implante, independiente, de la tercera costilla, a ser fijado en el extremo posterior y anterior de la osteotomía costal. Se planifica la localización y medida de las fijaciones con tornillos. Se realiza la impresión 3D del sector

óseo del biomodelo en tamaño real, simulando el defecto parietal resultante posterior a la resección para planificación quirúrgica y guía intraoperatoria. El biomodelo fue impreso en PLA (ácido poliláctico) de origen vegetal, biodegradable, liviano y transportable. Lo que permitió al equipo quirúrgico llevar el biomodelo a diferentes ámbitos de planificación y discusión. Esta conducta favoreció nuestros resultados intraoperatorios, mejorando el entendimiento preoperatorio de la cirugía a realizar; a su vez, permitió explicar a los pacientes exactamente cuál era la intención del equipo quirúrgico.

Se coordina para resolución quirúrgica. Se realiza la resección completa del tumor y vaciamiento ganglionar axilar, con márgenes oncológicos. Siguiendo los pasos de la planificación virtual, se resecan la primera y segunda costilla y el sector anterior de la tercera costilla, el pectoral menor y el pectoral mayor. Se realiza un *bypass* arterial con la vena safena autóloga subclavio-axilar. Las estructuras del plexo braquial no se encontraban comprometidas. Se coloca el implante de la prótesis costoesternal. Se realiza la rotación del pectoral mayor contralateral para lograr la cobertura del defecto y se reconstruyen los colgajos de piel por parte de cirugía plástica.

El diagnóstico anatomopatológico definitivo de la pieza fue de un carcinoma escamoso pobremente diferenciado, de 45 mm de eje mayor. La resección completa con márgenes oncológicos midió 120 x 90 x 60 mm.

Cursa postoperatorio inmediato en UCI, primeras 96 hs. Buena evolución, analgesia multimodal con CPD, opiáceos y AINES que se fue decalando oportunamente. Retiro de los drenajes pleurales y egresa a sala de cuidados moderados donde es dado de alta al décimo día de hospitalización para continuar la rehabilitación ambulatoria. Actualmente, se encuentra en rehabilitación física del complejo articular del hombro, con buena evolución en lo funcional. Se realiza el seguimiento en la policlínica de cirugía de tórax y oncología médica. No se han observado signos de recidiva durante los primeros 9 meses de seguimiento.

Caso clínico 2

Paciente de sexo femenino, de 49 años, con antecedentes personales de cáncer de mama BRCA negativos, RR. HH. positivos hace 12 años, durante cuyo tratamiento se realizó una mastectomía bilateral radical y PQT/RT. Consulta en puerta de emergencia por dolor tipo puntada a nivel de hemitórax izquierdo. Se identifica una tumoración a nivel del cuarto espacio intercostal, con compromiso esternal, costal y condral. Se completa el estudio con TC de tórax, RM, PET/TC. En TC masa retroesternal sólida, de límites

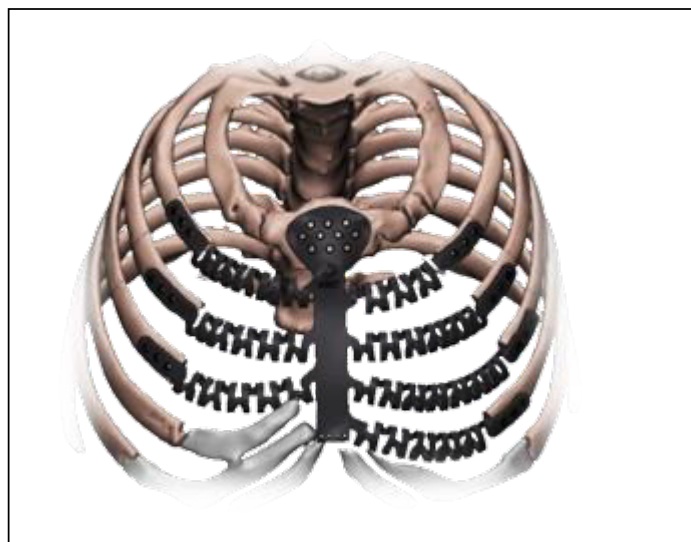
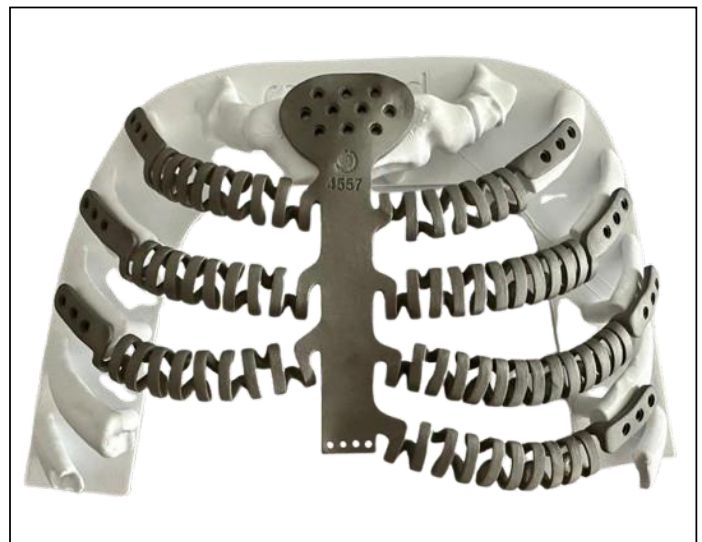
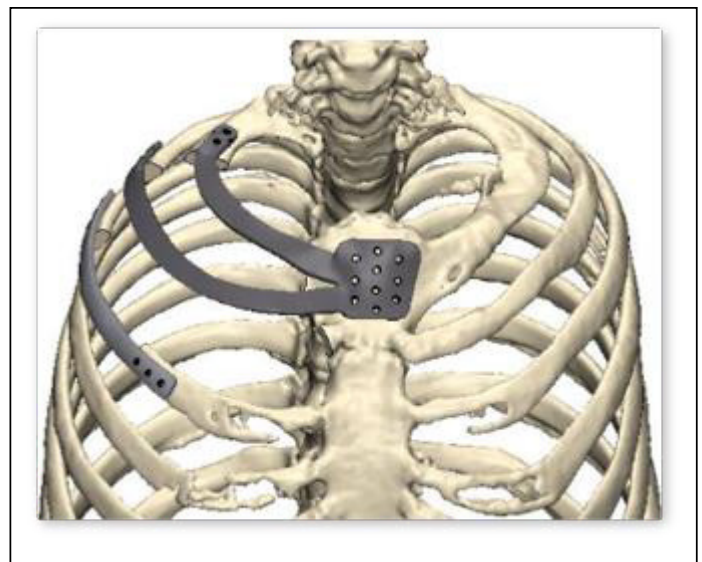
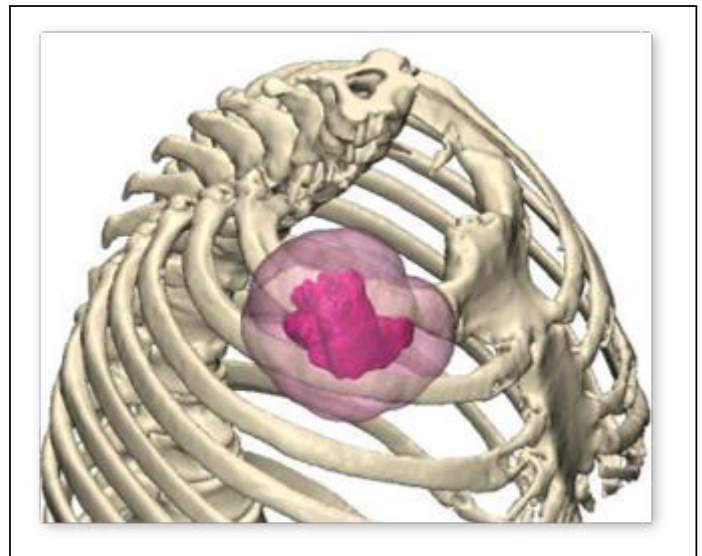
difusos, heterogénea, que mide 36x32x47 mm. Se realiza biopsia guiada por TC, cuya anatomía patológica informa carcinoma mamario con RE +, RP-, Her2neu - y Ki 67 40 %.

PET-TC evidencia lesión única hipermetabólica retroesternal con SUV 5,5. El centellograma óseo muestra hipercaptación metabólica a nivel retroesternal, en su tercio medio e inferior.

Se realiza el biomodelo 3D híbrido desde TC, PET/TC y RM, incluyendo estructuras óseas, cartilaginosas y tumorales, de manera similar al caso previo. Se realiza planificación quirúrgica en comité multidisciplinario, utilizando margen oncológico de 20 mm. Se simulan las osteotomías dando como resultado un defecto parietal que incluye la resección del cuerpo del esternón, los cartílagos costales y un segmento óseo medial costal para la correcta fijación de la prótesis. Se diseña una prótesis de titanio semirrígida para su implante en el mismo acto operatorio. Se realiza la impresión 3D del biomodelo en PLA para simulación y guía intraoperatoria y su respectivo análisis virtual en la app para móviles.

Se realiza la cirugía de coordinación, realizando un abordaje en conjunto con cirugía plástica. Se practica una esternotomía media con retiro de prótesis mamarias, por medio de la sección transversal del esternón a nivel del manubrio. Se realiza la resección completa de los cartílagos y arcos costales anteriores siguiendo esquema planificado. Se coloca la prótesis de titanio RAOMED, se fija con tornillos de acuerdo a la planificación y se realiza el cierre de pectorales mayores, rectos abdominales y piel por equipo de cirugía plástica. Se envía la pieza a estudio anatomopatológico definitivo, cuyo resultado informa tumor esternal, metástasis de carcinoma mamario ductal, de 25 mm, resecado con márgenes oncológicos.

La paciente presenta una buena evolución postoperatoria, se controla el dolor con analgesia multimodal,



con descenso progresivo. Se otorga el alta hospitalaria al décimo día de internación.

Actualmente, cursa el noveno mes de postoperatorio. No presenta signos de recidiva oncológica, siendo capaz de realizar sus tareas habituales.

Discusión

La resección quirúrgica en bloque con márgenes negativos se trata de la estrategia terapéutica primordial en pacientes que presentan tumores de pared torácica. La resección con márgenes oncológicos es de 2 cm para los tumores de bajo grado y de 4 cm en los tumores de alto grado¹.

La falta de tratamiento de defectos parietales aumenta el riesgo de complicaciones postoperatorias amenazantes como herniación pulmonar y volet costal, principalmente cuando se tratan de defectos >5 cm, anteriores o anterolaterales².

Se han descrito múltiples materiales para la reconstrucción, cada uno con sus probadas ventajas y desventajas, no existiendo un consenso sobre la utilización del mejor material³.

El material utilizado debe satisfacer los requerimientos de protección, rigidez y remodelado de la pared torácica, debiendo ser biológicamente inerte y moldeable. La elección del material adecuado depende de la disponibilidad del medio y de la experiencia del cirujano. Las prótesis de titanio son una opción válida para la reconstrucción^{4,5}.

En la bibliografía consultada, múltiples autores concuerdan que la reconstrucción con prótesis de titanio representa una solución integral para defectos voluminosos, restaurando la rigidez de la pared torácica, asegurando una correcta mecánica ventilatoria, disminuyendo el riesgo de infecciones y restaurando la forma de la pared torácica^{6,7,8}.

La utilización de tecnologías de impresión 3D con imágenes del paciente permiten al cirujano y al paciente una mayor comprensión de la patología a tratar⁹. La impresión en 3D del defecto parietal y la prótesis permitieron una mejor planificación y ensayo preoperatorio, lo que dio como resultado una cirugía de acuerdo con lo esperado.

Financiamiento

El presente estudio no ha recibido ningún tipo de financiación.

Consentimiento informado

Ambos pacientes fueron notificados de esta publicación. Se encuentran de acuerdo y otorgaron su consentimiento para esta publicación.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Contribución de autoría

Andrés Berke: Conceptualización, Análisis de datos, Redacción – borrador original, Investigación, Supervisión.

Julio Trostchansky Vasconcellos: Revisión, Metodología, Investigación, Supervisión.

Emilio Durand: Revisión, Metodología, Investigación, Supervisión.

Pablo Palacio: Revisión, Metodología, Investigación, Supervisión.

Gerardo Bruno: Supervisión, Investigación.

Aprobado por el Consejo Editorial de la Revista Médica del Uruguay.

Referencias

1. Tukiainen E. Chest wall reconstruction after oncological resections. *Scand J Surg* 2013; 102.
2. Schirren M, Jefferies B, Safi S, Wörtler K, Hoffmann H. Surgical treatment of chest wall tumors. *Chirurgie* 2022; 93(6).
3. Sanna S, Brandolini J, Pardolesi A, Argnani D, Mengozzi M, Dell'Amore A, et al. Materials and techniques in chest wall reconstruction: a review. *J Vis Surg* 2017; 3:95–95.
4. Wang L, Yan X, Zhao J, Chen C, Chen C, Chen J, et al. Expert consensus on resection of chest wall tumors and chest wall reconstruction. *Transl Lung Cancer Res* 2021; 10(11):4057–83.
5. Pushkin S, Benyan A. Our first steps in osteosynthesis of fractured ribs using Matrix Rib technologies. *Eur Respir J* 2012; 40(Suppl 56).
6. Rocco G. Chest Wall Resection and Reconstruction According to the Principles of Biomimesis. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2011; 23(4):307–13.
7. Sanna S, Brandolini J, Pardolesi A, Argnani D, Mengozzi M, Dell'Amore A, et al. Materials and techniques in chest wall reconstruction: a review. *J Vis Surg* 2017; 3:95–95.
8. Li Y, Liu K, Yang Y, Zhao T, Guo X, Wang L. Mastery of chest wall reconstruction with a titanium sternum-rib fixation system: a case series. *J Thorac Dis* 2022;14(12).
9. Kim MP, Ta AH, Ellsworth WA, Marco RA, Gaur P, Miller JS. Three dimensional model for surgical planning in resection of thoracic tumors. *Int J Surg Case Rep* 2015; 16:127–9.

First Experience in Uruguay of 3D Surgical Planning and Custom-Made Implants for Extensive Chest Wall Resections

Abstract

Introduction: Oncologic resection of the chest wall creates significant defects, requiring both functional and aesthetic reconstruction. Although various reconstructive strategies exist, in this study we highlight that 3D planning and custom-made implants represent a novel technique that optimizes oncologic, functional, and aesthetic criteria, improving preoperative understanding and surgical precision.

Objective: To document the first experience in Uruguay using this diagnostic and therapeutic strategy.

Clinical Cases: Two cases are presented. A 64-year-old male with secondary involvement from cutaneous squamous cell carcinoma of the pectoralis minor, treated with neoadjuvant chemoradiotherapy. Surgical treatment was planned: chest wall resection with oncologic margins and parietal reconstruction. A 3D hybrid biomodel (CT, MRI, PET/CT) was created for surgical planning, and two rigid titanium implants were designed for the 1st, 2nd, and 3rd ribs. A 3D-printed PLA (polylactic acid) model of the defect was used for planning and intraoperative guidance. Coordinated surgery was performed. The patient had a favorable postoperative course, discharged on day 10, with no recurrence at 9 months follow-up. A 49-year-old female with sternal and costal metastases from breast cancer. Metastasectomy with parietal reconstruction was planned. A 3D biomodel was used for planning and prosthesis design. Coordinated surgery involved sternal and costal resection while preserving pectoral muscles, with implantation of a semi-rigid custom titanium prosthesis. The procedure was successful, and the patient was discharged on day 10, with no recurrence at 9 months follow-up.

Discussion: En bloc surgical resection with negative margins is essential for chest wall tumor management, and reconstruction is crucial to prevent complications such as pulmonary herniation or flail chest in defects larger than 5 cm. Titanium prostheses provide a versatile option to restore rigidity and ventilatory function. This surgical planning and custom implant design strategy was used for the first time in Uruguay.

Keywords: Chest wall. Oncologic resection. Parietal reconstruction.

Primeira Experiência no Uruguai de Planejamento Cirúrgico 3D e Uso de Implantes Sob Medida em Ressecções Extensas da Parede Torácica

Resumo

Introdução: A ressecção oncológica da parede torácica cria defeitos significativos, demandando reconstrução funcional e estética. Embora existam diversas estratégias reconstrutivas, neste trabalho destacamos que o planejamento 3D e os implantes sob medida representam uma técnica inovadora que otimiza os critérios oncológicos, funcionais e estéticos, melhorando a compreensão pré-operatória e a precisão cirúrgica.

Objetivo: Documentar a primeira experiência no Uruguai com esta estratégia diagnóstica e terapêutica.

Casos Clínicos: São apresentados dois casos.

Paciente masculino de 64 anos com comprometimento secundário por carcinoma espinocelular cutâneo no peitoral menor, tratado com quimiorradioterapia neoadjuvante. Foi planejado tratamento cirúrgico: ressecção da parede torácica com margens oncológicas e reconstrução parietal. Foi realizado biomodelo híbrido 3D (TC, RM, PET/TC) para planejamento cirúrgico e projetados dois implantes rígidos de titânio para as 1ª, 2ª e 3ª costelas. A impressão 3D do defeito em PLA (ácido polilático) foi utilizada para planejamento e guia intraoperatória. A cirurgia coordenada foi realizada com sucesso. O paciente apresentou boa evolução, alta no 10º dia e sem recidiva aos 9 meses de acompanhamento.

Paciente feminina de 49 anos com metástases esternas e costais de câncer de mama. Planejou-se metastasectomia com reconstrução parietal. Foi realizado biomodelo 3D para planejamento e desenho da prótese. A cirurgia coordenada envolveu ressecção esternal e condro-costal com preservação dos músculos peitorais, e implante de prótese semirrígida de titânio sob medida. O procedimento foi bem-sucedido e a paciente teve alta no 10º dia, sem recidiva aos 9 meses de acompanhamento.

Discussão: A ressecção cirúrgica em bloco com margens negativas é essencial no tratamento de tumores da parede torácica, e a reconstrução é crucial para prevenir complicações como hérnia pulmonar ou flail chest em defeitos maiores que 5 cm. Próteses de titânio são uma opção válida e versátil para restaurar rigidez e função ventilatória. Esta estratégia de planejamento cirúrgico e implante sob medida foi utilizada pela primeira vez no Uruguai.

Palavras-chave: Parede torácica. Ressecção oncológica. Reconstrução parietal.