

ALTERNATIVA QUIRÚRGICA PARA LA REDUCCIÓN Y FIJACIÓN DE FRACTURAS DEL ARCO CIGOMÁTICO. REPORTE DE 3 CASOS.

NEW SURGICAL ALTERNATIVE FOR REDUCTION AND FIXATION OF ZYGOMATIC ARCH FRACTURES. REPORT OF 3 CASES.

NOVA ALTERNATIVA CIRÚRGICA PARA REDUÇÃO E FIXAÇÃO DE FRATURAS DO ARCO ZIGOMÁTICO. RELATÓRIO DE 3 CASOS.

Autores:

Santiago Chaves Villa ¹, Alejandro Rivera Tabares ², Ana Catalina Tobón Trujillo ³

1. Especialista en Cirugía Maxilofacial Universidad CES, Fellow Cirugía Maxilofacial pediátrica y craneofacial UAEM, Morelos-México
2. Odontólogo Universidad CES, Residente Cirugía maxilofacial Universidad CES, Medellín- Antioquia
3. Especialista en Cirugía Maxilofacial Universidad CES, Magister Bioética Universidad CES, Medellín-Antioquia

Resumen:

Introducción: Las fracturas de arco cigomático usualmente están asociadas a fracturas de complejo cigomático facial y en menor porcentaje se presentan de manera aislada. Su manejo ha estado indicado para evitar secuelas estéticas y funcionales; para este se han propuesto varios métodos, desde manejo cerrado hasta quirúrgico, donde se observan abordajes extensos o manejos insuficientes.

En este artículo se presenta, un abordaje simplificado y poco invasivo que permite la reducción y el uso de fijación rígida en las fracturas de arco cigomático, el cual se realizó en 3 pacientes de la Clínica del Norte en Bello-Antioquia, con unos resultados adecuados, en lo que respecta a reducción, estabilidad y función. **Materiales y métodos:** Se realizó un estudio retrospectivo de serie de casos, en donde se seleccionaron pacientes que ingresaron a la Clínica del Norte en el municipio de Bello (Antioquia), durante el periodo de julio a diciembre del 2020, cuyo diagnóstico inicial fue de fractura del arco cigomático, a los cuales se les realizó la reducción y fijación de la misma, por medio de una nueva técnica quirúrgica que permite el uso de material de osteosíntesis a través de un abordaje preauricular.

Resultados: Se presentaron 3 casos de pacientes con fractura de arco cigomático a los que se les realizó reducción de esta fractura por medio del abordaje descrito.

Conclusión: Se logró una adecuada reducción y recuperación de la proyección a nivel del arco cigomático en los 3 casos, con un adecuado resultado estético, con mínimas complicaciones y un tiempo quirúrgico mínimo.

Palabras clave:

Arco cigomático, Fijación de fractura, reducción abierta de fractura, reporte de casos

[Escriba aquí]

Abstract:

Introduction: Zygomatic arch fractures are usually associated with fractures of the zygomatic-facial complex and in a lower percentage they occur in isolation. Their management has been indicated to avoid esthetic and functional sequelae; several methods have been proposed, from closed to surgical management, where extensive approaches or insufficient management have been observed. In this article we present a simplified and minimally invasive approach that allows reduction and the use of rigid fixation in zygomatic arch fractures, which was performed in 3 patients at the Clínica del Norte in Bello-Antioquia, with adequate results in terms of reduction, stability and function. **Materials and methods:** A retrospective case series study was carried out, in which patients were selected who were admitted to the Clínica del Norte in the municipality of Bello (Antioquia), during the period from July to December 2020, whose initial diagnosis was zygomatic arch fracture, and who underwent reduction and fixation of the same, by means of a new surgical technique that allows the use of osteosynthesis material through a preauricular approach. **Results:** We presented 3 cases of patients with zygomatic arch fracture who underwent reduction of this fracture by means of the described approach. **Conclusion:** Adequate reduction and recovery of the projection at the level of the zygomatic arch was achieved in all 3 cases, with an adequate esthetic result, minimal complications and minimum surgical time

Key words

Zygomatic arch, fracture fixation, open fracture reduction, case reports

Resumo:

Introdução: As fracturas do arco zigomático estão geralmente associadas a fracturas do complexo zigomático-facial e, em menor grau, ocorrem isoladamente. A sua gestão foi indicada para evitar sequelas estéticas e funcionais; foram propostos vários métodos para este fim, desde a gestão fechada até à gestão cirúrgica, onde foram observadas abordagens extensivas ou uma gestão insuficiente. Este artigo apresenta uma abordagem simplificada e minimamente invasiva que permite a redução e a utilização de fixação rígida em fracturas do arco zigomático, que foi realizada em 3 pacientes na Clínica del Norte em Bello-Antioquia, com resultados adequados em termos de redução, estabilidade e função. **Materiais e métodos:** Foi realizado um estudo retrospectivo de uma série de casos, em que foram seleccionados pacientes que foram admitidos na Clínica del Norte no município de Bello (Antioquia), durante o período de Julho a Dezembro de 2020, cujo diagnóstico inicial foi fractura do arco zigomático, e que foram submetidos a redução e fixação utilizando uma nova técnica cirúrgica que permite a utilização de material de osteossíntese através de uma

[Escriba aquí]

abordagem pré-auricular. **Resultados:** Apresentamos 3 casos de pacientes com fracturas do arco zigomático que foram submetidos a uma redução desta fractura através da abordagem descrita. **Conclusão:** A redução e recuperação adequada da projecção ao nível do arco zigomático foi alcançada em todos os 3 casos, com um resultado estético adequado, complicações mínimas e tempo cirúrgico mínimo.

Palavras-chave

Arco zigomático, fixação da fratura, redução de fraturas em aberto, relatórios de casos

Introducción

El hueso cigomático forma el aspecto lateral del tercio medio de la cara y, en parte forma la pared lateral y piso de la órbita y la eminencia malar, dando así proyección y volumen al contorno facial. El proceso cigomático hace parte del hueso malar y se continúa con el hueso temporal, formando el arco cigomático. Las fracturas del proceso cigomático corresponden al 10% aproximadamente, de las fracturas del macizo facial, aunque usualmente están asociadas a fracturas del complejo cigomático en patrón de trípode. Cuando son desplazadas, estas fracturas se deben reducir quirúrgicamente en un plazo de 2 semanas idealmente; en caso de no ser así, podría presentarse compromiso funcional y estético no deseado (1).

Según los fundamentos de la AO Foundation, el desafío en el manejo de las fracturas de arco cigomático, radica en que es difícil confirmar una reducción adecuada y estable del arco, adicional no es posible tener una visualización directa de la fractura ni de la reducción obtenida como se presenta usualmente en los abordajes de Gillies y Keen (2,3). Cuando se busca cumplir con estos principios, el asegurar la reducción y fijación de las fracturas de arco cigomático es importante, ya que una fuerza aplicada en esta área, como la masticación o fuerzas externas, pueden desplazar la fractura ya reducida y aumentar el riesgo de presentar complicaciones como anquilosis, trismus y asimetrías faciales (4,5). Hasta ahora los únicos métodos que permiten el uso de fijación interna rígida son el abordaje coronal, indicado para exponer completamente el arco y fijar con placas de titanio, pero con alto riesgo de morbilidad del sitio operatorio (6–8); por otro lado está el abordaje endoscópico, el cual es mínimamente invasivo, pero tiene un alto costo y requiere una larga curva de aprendizaje (7,9).

En este artículo se describe una técnica quirúrgica, para abordar el arco cigomático de manera mínimamente invasiva, de forma percutánea y permitiendo el uso de fijación interna rígida (FIR), buscando disminuir considerablemente las complicaciones asociadas a los manejos extensos como el abordaje coronal o insuficientes como el abordaje de Gillies o Keen.

Se presentan 3 casos en los que se realizó la reducción de fractura del arco cigomático por medio de una incisión a nivel preauricular, el cual facilita el acceso al arco cigomático, su reducción y uso de fijación interna rígida (FIR).

Pacientes y métodos

Se realizó un estudio descriptivo retrospectivo de serie de casos; se seleccionaron pacientes que ingresaron a la Clínica del Norte en el municipio de Bello (Antioquia), durante el periodo de julio a diciembre del 2020, cuyo diagnóstico inicial incluía de fractura del arco cigomático.

Los tres pacientes reportados, cumplían con los siguientes criterios:

- Trismus asociado a la fractura de arco cigomático.

[Escriba aquí]

- Depresión facial evidente a nivel del arco cigomático.
- Pérdida de la proyección malar asociada a fractura malar y de arco cigomático.

Los pacientes diligenciaron y firmaron el consentimiento informado; también autorizaron el uso de sus registros para fines académicos y de divulgación científica.

Técnica quirúrgica

Siguiendo las medidas descritas del trayecto de la rama temporal del nervio facial (10) se trazó una línea horizontal de 2.5cm que va a nivel del punto más superior del tragus desde este, con dirección hacia el canto externo del ojo ipsilateral y una línea vertical con dirección caudal de 2,5cm formando un ángulo de 90°. Posteriormente se unieron estas dos líneas, obteniendo un triángulo el cual delimitó la zona segura (zona que no compromete trayecto del nervio facial). Se ubicó el trayecto del arco cigomático y en esta zona se realizó una incisión cutánea preauricular horizontal de aproximadamente 10mm, realizando una disección roma hasta llegar al plano óseo. Adicional se realizó una incisión de keen (11), por la cual se redujeron las fracturas malares y se disecó y tunelizó, hasta llegar al abordaje preauricular.

Reducción

Una vez se logró la proyección anteroposterior del malar, se usó una pinza de Allis, para manipular los fragmentos del arco cigomático y llevarlos a posición, bajo visión directa a través del abordaje preauricular, confirmando su adecuada reducción.

Fijación

A través de los abordajes previamente comunicados, se ubicó una placa del sistema 1.5-1.7, se perforaron los agujeros y se fijó la placa con tornillos monocorticales, desde el abordaje preauricular, para el segmento más proximal y desde el abordaje de keen para el segmento más distal. El tiempo promedio que se obtuvo para este abordaje, desde la delimitación de la zona segura hasta la fijación de la fractura, fue de 20 minutos aproximadamente.

Al momento del alta hospitalaria, se le explicó a los pacientes las indicaciones del cuidado, como evitar apoyar en la zona de la fractura, así como dieta blanda por 2 semanas.

Caso 1

[Escriba aquí]

Paciente masculino de 32 años, sin antecedentes médicos y/o clínicos registrados en la historia clínica. Presentó accidente de tránsito en calidad de conductor de motocicleta con posterior trauma craneoencefálico leve y trauma facial. Refería cefalea, dolor en hemicara derecha predominantemente y trismus. Clínicamente se observó pérdida de la proyección malar izquierda a pesar del edema. Igualmente presentaba asimetría en región de arco cigomático izquierdo al comparar con la zona contralateral y múltiples heridas en cara. En la tomografía de cráneo y cara se observó compromiso de fosa craneal anterior, fractura de huesos propios de la nariz, fractura orbitaria izquierda y fractura malar izquierda con compromiso de arco cigomático asociadas a trismus. (Figura 1)

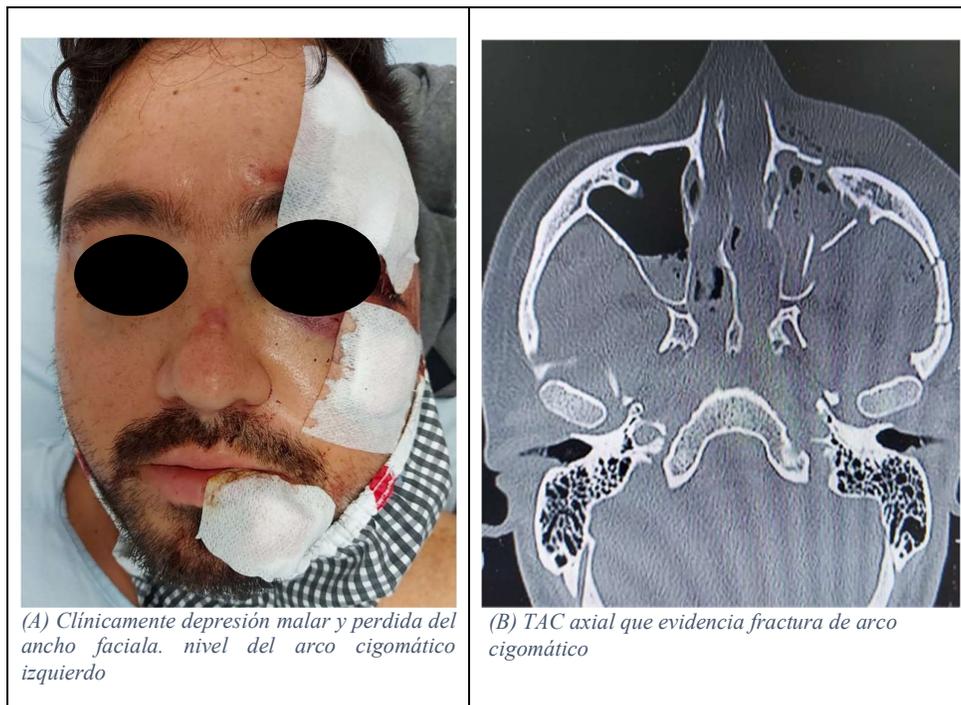


Figura 1.

Se realizó la demarcación de la zona segura y se dibujó una línea de 1cm aproximadamente donde se realizó la incisión en piel; se continuó con disección roma hasta llegar al periostio el cual se incidió y tunelizó; se aprovechó también, la herida que presentaba en región malar para facilitar el manejo. Se ubicó placa del sistema 1.7 y se fijó con tornillos mono-corticales (Figura 2)

[Escriba aquí]

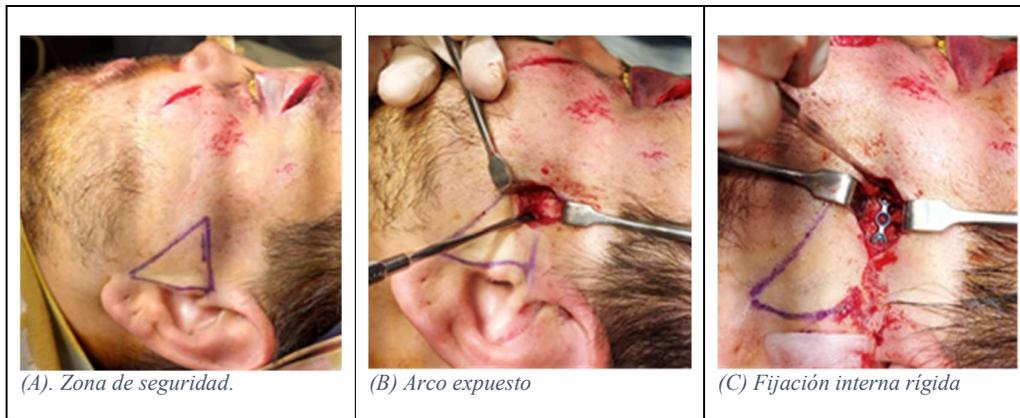


Figura 2

Se hizo seguimiento posquirúrgico inicial a las 2 semanas observando adecuada proyección del malar y adecuada cicatrización de las heridas. Clínicamente como única complicación, presentó paresia de la ceja izquierda, asociada a tracción de la rama temporal izquierda del nervio facial. En la tomografía de control se observó adecuada reducción de fracturas. (Figura 3)

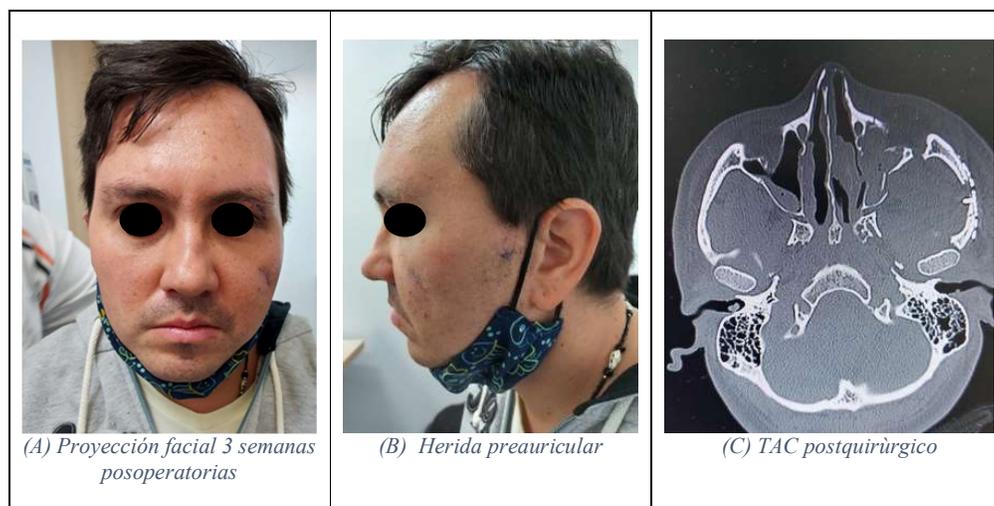


Figura 3.

Caso 2

Paciente femenina de 28 años, residente en zona rural, con antecedente de laparotomía, sin reporte de otros antecedentes médicos, alérgicos o tóxicos, en la historia clínica. Presentó accidente de tránsito en calidad de peatón al ser arrollada por una motocicleta, presentando trauma facial. Refería dolor a la masticación en zona pre auricular derecha, limitación a la apertura oral y paresia de región frontal derecha. Clínicamente presentaba herida semilunar extensa en región periorbitaria derecha, edema facial que no permitía determinar si presentaba pérdida de la proyección malar y cigomática, edema palpebral y oclusión completa de la hendidura palpebral. En la tomografía de cara, se observó fractura orbitomalar y de arco cigomático con

[Escriba aquí]

desplazamiento. La herida periorbitaria dio acceso a la fractura a nivel frontomalar y de igual manera se realizaron el abordaje de keen y el abordaje preauricular en la zona de seguridad. (Figura 4)

En el control postquirúrgico a los 10 días, se observó adecuada proyección malar y amplitud de la cara, con heridas de buen aspecto sin signos de infección. Se observó paresia de la región frontal derecha, asociada al trauma inicial que presentó la paciente. En la tomografía postquirúrgica inmediata, se evidenció adecuada reducción de las fracturas con el material de osteosíntesis en posición. (Figura 5)

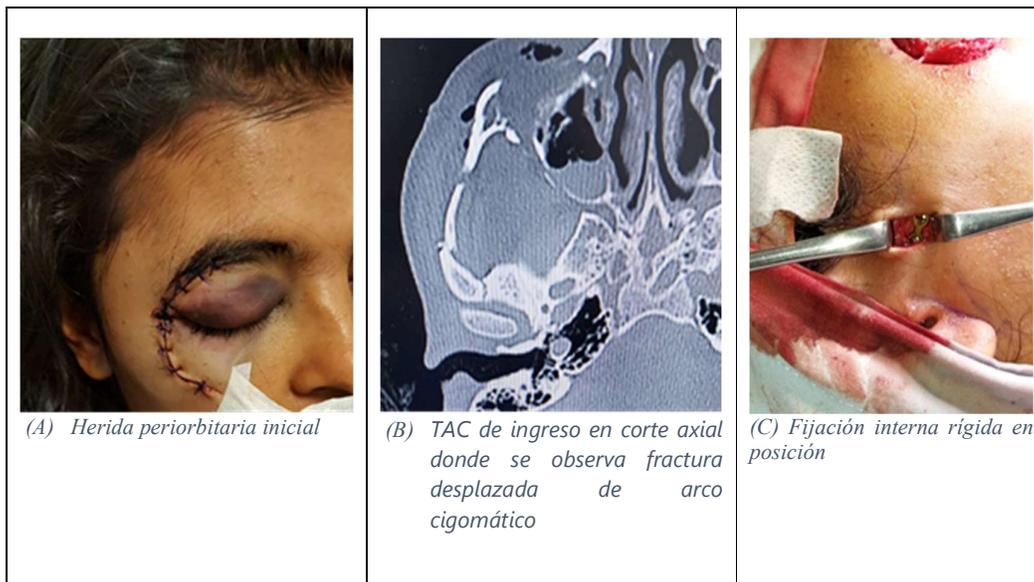


Figura 4.

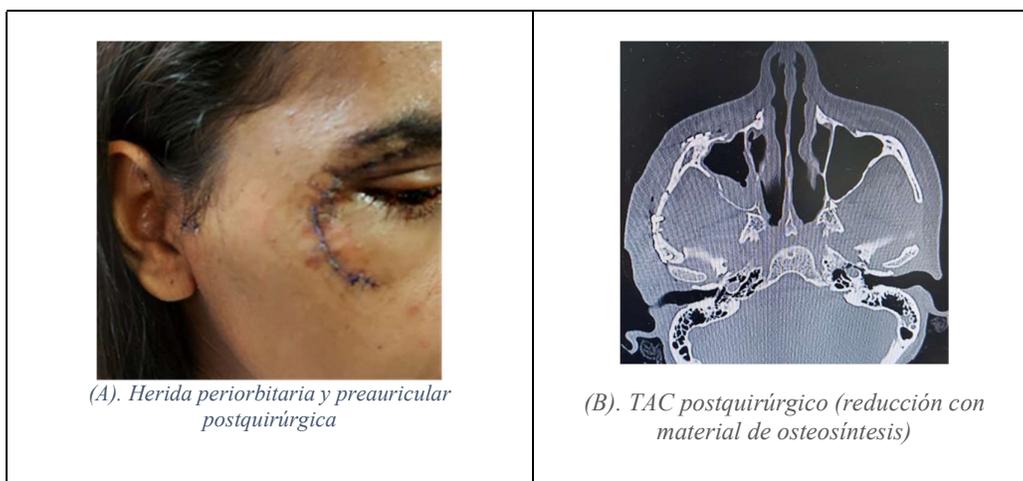
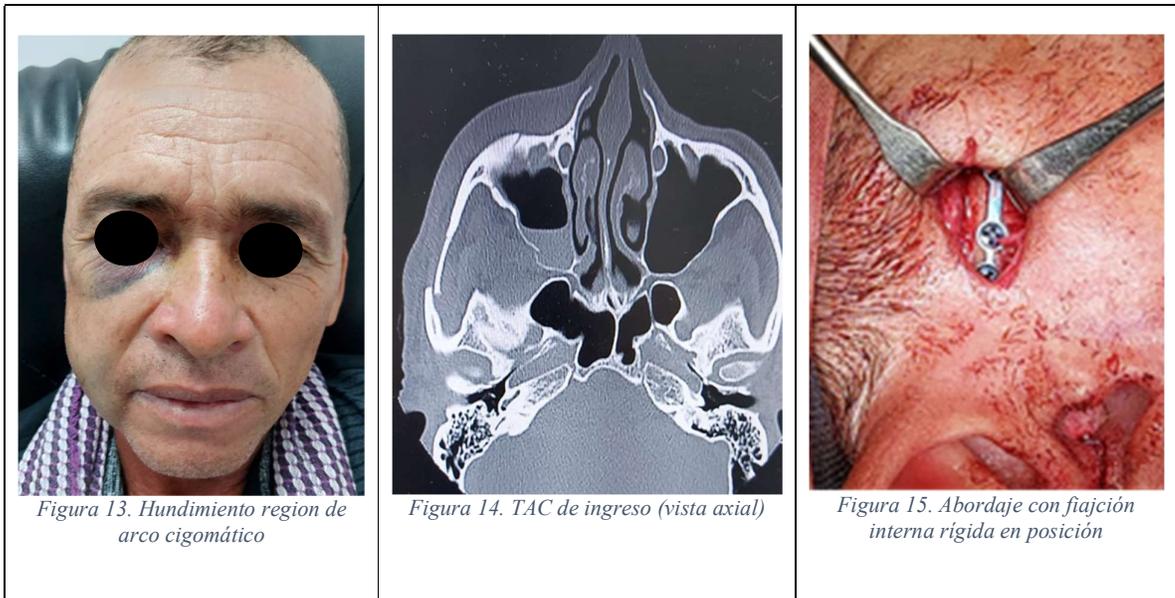


Figura 5.

[Escriba aquí]

Caso 3

Paciente masculino de 50 años, residente en zona rural de Antioquia, sin antecedentes registrados en historia clínica, quien recibió patada de un animal equino en la región periorbitaria derecha. Refería dolor moderado en región del trauma, trismus y maloclusión. Clínicamente presentó edema facial moderado y mínima oclusión de hendidura palpebral, parestesia en región de dermatoma de rama infraorbitaria del nervio trigémino y pérdida de la proyección malar y cigomática de la cara, distopia y mordida abierta anterior. En la tomografía de cara se observó fractura de complejo orbitomalar y del arco cigomático derecho, con desplazamiento medial del mismo y fractura hemi Lefort I derecha. Se realizó el abordaje de Keen para la reducción de la fractura hemi Lefort I y malar. Y el abordaje a nivel del arco cigomático, fijando con placas y tornillos (Figura 6).



En el control a las 2 semanas se observó adecuada evolución del posoperatorio, con heridas de buen aspecto, buena proyección malar y buena proyección en la región del arco cigomático. El paciente únicamente refirió parestesia del nervio infraorbitario derecho al momento del control el cual mejoró a comparación del momento del ingreso, mas no presentó paresias ni parálisis de las ramas del nervio facial.

En la tomografía posquirúrgica inmediata se observa material de osteosíntesis en posición, con adecuada reducción de fragmentos óseos. (Figura 7)

[Escriba aquí]

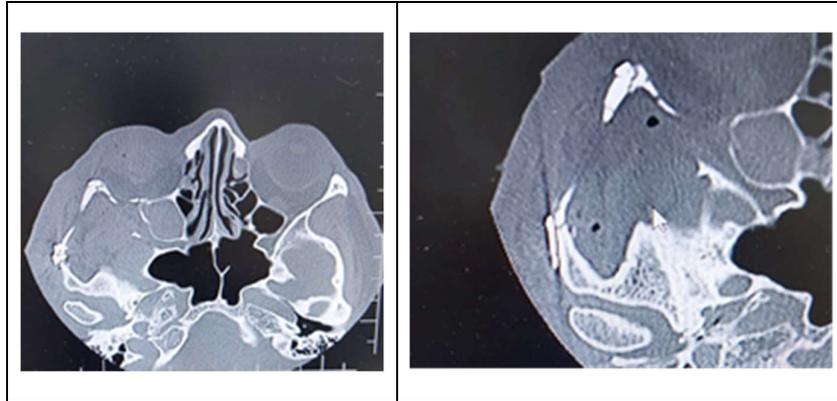


Figura 7. TAC postquirúrgico (Material de osteosíntesis en posición)

Discusión

El arco cigomático es una estructura ósea formada por el proceso cigomático del hueso temporal y el proceso temporal del hueso cigomático. Este es sitio de inserción del músculo masetero, a la vez que hacia su aspecto medial transcurren fibras del músculo temporal, que se insertan en la apófisis coronoides de la mandíbula permitiendo así el cierre mandibular. Por tal razón, en las fracturas de arco cigomático, se pueden encontrar clínicamente trismus por la interferencia con el arco cigomático y depresión en la región del arco. También existe una relación recíproca entre la proyección anteroposterior del malar y el ancho facial, pues, si el arco cigomático se encuentra desplazado lateral o medial, la eminencia malar se encontrará desplazada posteriormente (1,6,12).

El manejo de las fracturas de arco cigomático se puede realizar de manera abierta o cerrada. Una reducción adecuada evita complicaciones y secuelas funcionales y/o estéticas como los son: trismus, anquilosis mandibular, ya sea a nivel de apófisis coronoides o de articulación temporomandibular, asimetrías faciales y parálisis faciales (13); idealmente se debe reducir en un plazo de máximo de 2-3 semanas ya que a partir de este periodo de tiempo se consideraría como manejo tardío e implicaría un procedimiento más extenso y agresivo, con riesgo de presentar complicaciones (1,5,14).

El manejo cerrado de las fracturas del arco cigomático es la opción terapéutica por la que se opta en la mayoría de los casos, debido al mínimo compromiso estético que ofrece; sin embargo, en el caso de las fracturas inestables, se busca el uso de abordajes que permitan una reducción abierta y el uso de fijación interna rígida para obtener una adecuada estabilidad, ya sea por medio de un abordaje coronal, siendo el más común, o por medio de abordajes endoscópicos (15,16). Idealmente, estas fracturas deberían fijarse con mini placas y tornillos en la totalidad de los casos, ya que las fuerzas de la masticación o fuerzas externas en la zona, pueden desplazar nuevamente los segmentos óseos posterior a la cirugía (2,5,9).

Los abordajes endoscópico y coronal son las técnicas que se usan con mayor frecuencia para colocar miniplacas, pero presentan importantes desventajas.

[Escriba aquí]

Inicialmente, el abordaje coronal trae consigo una alta morbilidad del sitio operatorio, con secuelas funcionales y estéticas como alopecia, parálisis facial, hundimiento de la zona temporal, bradicardia e incluso daño ocular. Adicionalmente, es calificado por algunos cirujanos como un abordaje excesivo (2,15,17). Por otro lado, el abordaje endoscópico es una muy buena opción ya que es mínimamente invasivo, permite una completa visualización de los segmentos del arco cigomático y permite el uso de FIR; pero es una técnica compleja, que requiere una larga curva de aprendizaje y equipos de alto costo (7).

El realizar una pequeña incisión percutánea a nivel del arco cigomático ha sido descrito en ocasiones previas, en donde se ha usado para refracturas y manipulación de fragmentos óseos, así como realizar abordajes endoscópicos (9,18–21); mas no hay reportes detallados de colocación de material de osteosíntesis, posterior a la reducción de las fracturas del arco cigomático, bajo visión directa.

Con esta técnica se buscaba utilizar placas y tornillos para la estabilización de las fracturas del arco cigomático, teniendo en cuenta las zonas de seguridad, permitiendo minimizar al máximo el riesgo de daño al nervio facial y cumpliendo con los criterios planteados por la AO Foundation para el adecuado manejo de las fracturas (3)(10).

En comparación con las otras técnicas previamente descritas y según la experiencia clínica de los autores, se logró obtener un menor tiempo quirúrgico y disminución de la estancia hospitalaria; que, a su vez, se puede ver reflejado en menores costos, menor morbilidad quirúrgica y una buena aceptación de los resultados estéticos por parte de los pacientes.

Conclusión

Se logró una adecuada reducción y recuperación de la proyección a nivel del arco cigomático en los 3 casos, con un adecuado resultado estético, con mínimas complicaciones y un tiempo quirúrgico mínimo.

Agradecimientos:

Dr. Ivan Torres, quién describe originalmente el abordaje, autoriza su publicación y solicita de igual manera que se le llame “Técnica de Cassiano Towers”-

Referencias

1. Cohn JE, Othman S, Bosco S, Shokri T, Evarts M, Papajohn P, et al. Management of Isolated Zygomatic Arch Fractures and a Review of External Fixation Techniques. *Craniomaxillofac Trauma Reconstr.* 2020;13(1):38–44.
2. Hindin DI, Muettterties CE, Mehta C, Boukovalas S, Lee JC, Bradley JP. Treatment

[Escriba aquí]

- of isolated zygomatic arch fracture: Improved outcomes with external splinting. *Plast Reconstr Surg* [Internet]. 2017;139(5):1162e-1171e. Available from: <https://doi.org/10.1097/prs.0000000000003281>
3. Pedemonte C, Sáez F, Vargas I, González E, Canales M, Lazo D. Uso de fluoroscopia intraoperatoria en el tratamiento de fracturas aisladas de arco cigomático. Ensayo clínico aleatorizado. *Rev Esp Cir Oral y Maxilofac* [Internet]. 2017;39(3):143–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.maxilo.2016.05.006>
 4. Buller J, Zirk M, Kreppel M, Maus V, Zöller JE. Intraoperative Ultrasound Control of Zygomatic Arch Fractures: Does Additional Imaging Improve Reduction Quality? *J Oral Maxillofac Surg*. 2019;77(4):769–76.
 5. J. Werner, J. Frenkler, B. Lippert BF. Isolated zygomatic arch fracture: Report on a modified surgical technique.pdf. *Plast Reconstr Surg* [Internet]. 2002;109(3):1085–9. Available from: <https://doi.org/10.1097/00006534-200203000-00047>
 6. Ellis E. Fractures of the Zygomatic Complex and Arch [Internet]. Fourth Edi. *Oral and Maxillofacial Trauma*. Elsevier Inc.; 2013. 354–415 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-4557-0554-2.00016-2>
 7. Giudice A, Cristofaro MG, De Cicco D, Barca I, Dell’Aversana Orabona G, Califano L. Percutaneous Reduction of Isolated Zygomatic Arch Fractures: A 5-Year Experience. *J Oral Maxillofac Surg* [Internet]. 2020;78(6):973–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joms.2020.02.002>
 8. Ellstrom CL, Evans GRD. Evidence-based medicine: Zygoma fractures. *Plast Reconstr Surg*. 2013;132(6):1649–57.
 9. Xie L, Shao Y, Hu Y, Li H, Gao L, Hu H. Modification of surgical technique in isolated zygomatic arch fracture repair: seven case studies. *Int J Oral Maxillofac Surg* [Internet]. 2009;38(10):1096–100. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2009.05.004>
 10. Brooke R. Seckel. Brooke - Zonas faciales peligrosas.pdf. 1st ed. 2000. 13–17 p.
 11. Edward Ellis III MFZ. Abordajes Quirúrgicos del Macizo Facial.pdf. *AMOLCA*; 2008. 81–107 p.
 12. Stevens MR, Menis MA. Microscrew fixation of zygomatic arch fractures. *J Oral Maxillofac Surg* [Internet]. 1993;51(10):1158–9. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0278-2391\(10\)80460-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0278-2391(10)80460-4)
 13. Buller J, Zirk E, Kreppel M, Grandoch A, Maus V, Zirk M, et al. Radiomorphometric analysis of isolated zygomatic arch fractures: A comparison of classifications and reduction outcomes. *J Cranio-Maxillofacial Surg* [Internet]. 2018;46(8):1252–7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2018.05.027>
 14. Kim J, Hwang W. Delayed reduction of zygomatic arch fracture: Effectiveness of the rowe zygoma elevator. *J Craniofac Surg*. 2018;29(7):e639–40.
 15. Singh AK, Dhungel S. Indications and Complications Associated with Coronal Approach to Upper Midface Fracture. *J Coll Med Sci* [Internet]. 2019;15(4):239–43. Available from: <https://doi.org/10.3126/jcmsn.v15i4.24933>
 16. Yamamoto K, Murakami K, Sugiura T, Fujimoto M, Inoue M, Kawakami M, et al. Clinical Analysis of Isolated Zygomatic Arch Fractures. *J Oral Maxillofac Surg* [Internet]. 2007;65(3):457–61. Available from:

[Escriba aquí]

- <https://doi.org/10.1016/j.joms.2006.06.276>
17. Kleinberger AJ, Jumaily J, Spiegel JH. Safety of modified coronal approach with dissection deep to temporalis fascia for facial nerve preservation. *Otolaryngol - Head Neck Surg (United States)* [Internet]. 2015;152(4):655–60. Available from: <https://doi.org/10.1177/0194599814567869>
 18. R. Dingman RH. Treatment of malunion fractures of facial bones. *Plast Reconstr Surg* [Internet]. 1951;7 (6):505–19. Available from: <https://doi.org/10.1097/00006534-195106000-00004>
 19. Cinal H, Barin EZ, Çakmak MA, Kara M, Yilmaz K, Tan O. Novel Surgical Technique for Repair of Zygomatic Fractures: Lever Technique. *Plast Surg* [Internet]. 2019;27(2):135–40. Available from: <https://doi.org/10.1177/2292550319828791>
 20. Rončević R. Refracture of untreated fractures of the zygomatic bone. *J Maxillofac Surg* [Internet]. 1983;11(C):252–6. Available from: [https://doi.org/10.1016/s0301-0503\(83\)80061-7](https://doi.org/10.1016/s0301-0503(83)80061-7)
 21. M. Shikimori KM. Skin incision parallel with skin cleavage lines for access to the fractured zygomatic arch. *J Craniomaxillofac Surg* [Internet]. 1987;15(5):294. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0301-0503\(86\)80316-2](https://doi.org/10.1016/S0301-0503(86)80316-2)