

Perspectivas actuales sobre el síndrome compartimental: una revisión integral

Current Perspectives on Compartment Syndrome: A Comprehensive Review

Joaquín Palmero-Picazo,^{1*} Jareth Lassard-Rosenthal.²

Resumen

Introducción: el síndrome compartimental es una patología secundaria al aumento de la presión dentro de un compartimento osteofascial. **Objetivo:** revisar la literatura reciente sobre el diagnóstico y tratamiento del síndrome compartimental para ofrecer una visión actualizada de esta condición. **Método:** se realizó una búsqueda en las bases de datos de *Web of Science* y PubMed, se consultó bibliografía del año 2019 al 2024. Se utilizaron los términos de búsqueda: síndrome compartimental, diagnóstico, tratamiento y extremidades. En un primer análisis se identificó un total de 179 artículos. Los criterios de selección fueron: artículos originales, con referencias disponibles, de publicaciones arbitradas, con menos de cinco años de antigüedad, artículos actualizados en la prevención, diagnóstico y tratamiento, que tuvieran un aporte relevante a esta investigación. Tras someter estos textos a los criterios de selección, se obtuvieron veintiocho artículos. **Resultados:** dentro de su fisiopatología juega un papel imprescindible la vasodilatación arteriolar y el colapso del sistema de vénulas, lo que condiciona un aumento en la permeabilidad vascular, finalizando en la extravasación de líquido al espacio intersticial, propiciando edema y una disminución de tasa de perfusión tisular. Su diagnóstico es principalmente clínico, mediante historia clínica y exploración física. El tratamiento definitivo, una vez instaurada esta patología, es la fasciotomía. **Conclusiones:** la mortalidad en un paciente con síndrome compartimental puede alcanzar 47%, por lo que es imprescindible un diagnóstico oportuno y eficiente.

Palabras clave: síndrome compartimental, diagnóstico, tratamiento, extremidades.

Sugerencia de citación: Palmero-Picazo J, Lassard-Rosenthal J. Perspectivas actuales sobre el síndrome compartimental: una revisión integral. *Aten Fam*;32(2):144-149. <http://dx.doi.org/10.22201/fm.14058871p.2025.2.91031>

Este es un artículo open access bajo la licencia cc by-nc-nd (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Recibido: 15/03/2024
Aceptado: 31/05/2024

¹Hospital de Traumatología y Ortopedia "Lomas Verdes", Instituto Mexicano del Seguro Social, Estado de México, México.

²Servicio de Ortopedia y Traumatología, Hospital Ángeles Lomas, Estado de México, México.

*Correspondencia:
Joaquín Palmero-Picazo
joaquin.palmero@anahuac.mx

Summary

Introduction: Compartment syndrome is a pathology secondary to increased tissue pressure within an osteofascial compartment. **Objective:** To review the recent literature on the diagnosis and treatment of compartment syndrome to provide an updated view of this condition. **Methods:** A search of the Web of Science and PubMed databases was performed, using literature from 2019 to 2024. The search terms used were: compartment syndrome, diagnosis, treatment, extremities. A total of 179 articles were found. The selection criteria were: original articles, with available references, from refereed publications, less than five years old, updated articles on prevention, diagnosis and treatment that had a relevant contribution to this research. After submitting these texts to the selection criteria, 28 articles were obtained. **Results:** Within its physiopathology, arteriolar vasodilation and collapse of the venule system play an essential role, which conditions an increase in vascular permeability, ending in the extravasation of liquid to the interstitial space, causing edema and a decrease in the rate of tissue perfusion. Its diagnosis is mainly clinical, by means of a clinical history and an adequate physical examination. The definitive treatment, once this pathology is established, is fasciotomy. **Conclusions:** Mortality in a patient with compartment syndrome can reach 47%, so a timely and efficient diagnosis is essential.

Key words: Compartment Syndrome; Diagnosis; Treatment; Extremities.

Introducción

El síndrome compartimental es una entidad clínica secundaria al aumento de la presión tisular dentro de un continente osteofascial, donde hay un limitado espacio de expansión, afectando la circulación local y potencialmente conduciendo a isquemia y necrosis si no es tempranamente abordado.¹ Aunque suele ser diagnosticado clínicamente, se utiliza como valor de corte la presión intracompartimental (PIC) mayor a 30 mmHg como punto de corte para ser considerado un valor anormal.²

Fue descrito por primera vez en 1881 por Richard von Volkmann, y reproducido en animales en 1924 por el cirujano Paul Jepson. Adicionalmente, se integró la descompresión del compartimento como potencial manejo al cuadro y finalmente se incorporó la fasciotomía en la segunda guerra mundial.¹

El costo económico del síndrome compartimental es generado por el aumento de días hospitalarios, con una media de tres a seis días, con costos en Estados Unidos en promedio de entre \$23,800.00 y \$34,000.00 USD y con un aumento en caso de requerir manejo de las heridas de la fasciotomía o secundario a una factura expuesta.³

El tiempo crítico en el que el tejido nervioso y muscular sufre daños irreversibles se encuentra entre las seis y doce horas. En este periodo, es fundamental un manejo eficaz de parte del equipo quirúrgico para prevenir complicaciones derivadas de la falta de intervención.^{1,2}

Métodos

Durante la recolección de datos, se identificaron 179 artículos disponibles en las bases de datos PubMed y *Web of Science*, obtenidos entre enero y marzo de 2024. Se utilizaron los términos de búsqueda:

síndrome compartimental, diagnóstico, tratamiento, extremidades con los operadores booleanos «and» y «or». Los criterios de selección fueron artículos originales, publicados en revistas indexadas, con referencias disponibles, de publicaciones arbitradas, publicados durante el periodo de 2019 a 2024, que abordaran la etiología, fisiopatología, diagnóstico y tratamiento. La decisión de excluir los trabajos que no cumplieron estos requisitos se alcanzó mediante consenso de los autores. Al final de este proceso se obtuvieron 28 artículos (figura 1).

Resultados

Epidemiología

El síndrome compartimental tiene una incidencia de 3.1 casos por cada 100,000 habitantes, 7.3 por cada 100,000 hombres y 0.7 por cada 100,000 mujeres. El grupo de pacientes menores de 35 años fue el más frecuente. Dicha incidencia obedece al nivel de masa muscular mayor en hombres que en mujeres, y al riesgo de presentar lesiones de alto impacto por dicho grupo.⁴

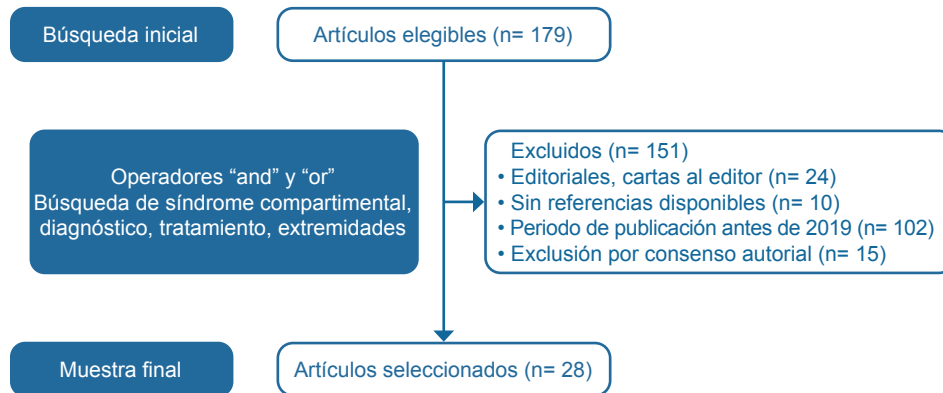
En México no se dispone de información epidemiológica sobre este padecimiento, por lo que se recurre a estimaciones basadas en los aproximadamente 6.8 millones de estadounidenses tratados anualmente por fracturas.⁵

Fisiopatología

Esta patología es ocasionada por una elevación de presión tisular dentro del compartimento muscular afectado.⁵ Esto condiciona la disminución del flujo capilar y la potencial progresión a necrosis localizada por hipoxia.⁶

Se sabe que la presión intracompartimental normal ronda los 10 mmHg en promedio. Al momento de un traumatismo de alta energía se produce

Figura 1. Algoritmo de selección de los artículos por medio de los criterios de inclusión.



vasodilatación arteriolar y colapso del sistema de vénulas, que incrementan la permeabilidad vascular y extravasación de líquido al espacio intersticial. La alteración del gradiente arteriovenoso resultante conduce al metabolismo anaerobio debido a la falta de perfusión.⁷

Ante esta incapacidad de satisfacer los requerimientos del metabolismo celular se produce una disminución significativa de ATP, disfunción de la bomba Na⁺/K⁺ ATPasa (desequilibrio osmótico intracelular), elevación del sodio y calcio en el citoplasma celular, activación de proteincinasas activadas por calcio, estrés oxidativo y necrosis del miocito. La pérdida de regulación incrementa el contenido de productos intermediarios del metabolismo (potasio, mioglobina, nucleósidos) que se liberarán a la circu-

lación. Estas moléculas pueden favorecer las complicaciones sistémicas como la falla renal aguda o arritmias cardíacas.^{5,8}

Se ha descrito que tras ocho horas de isquemia ocurre daño irreversible a nivel del tejido muscular. A nivel neurológico, se presenta neuropraxia a las cuatro horas y axonotmesis a las ocho horas. Se han demostrado estos cambios con presión intracompartimentales de 40-80 mmHg.⁶

Etiología

Tres de cada cuatro casos de síndrome compartimental son secundarios a una fractura de huesos largos, aumentando dicho valor con la presencia de otras fracturas coexistentes.⁹ La fractura tibial es causante del síndrome en 10 a 36% de todos los casos, seguida del radio y

cúbito, en casi 9% de los casos. En edad pediátrica, las fracturas supracondíleas son una causa principal.⁶

Después de las fracturas, el daño de tejido blando es la segunda causa de este síndrome, seguida de quemaduras, daño vascular, lesiones por aplastamiento, equipo de vendaje mal colocado, trauma penetrante, mordidas de animales y picaduras o actividad física extenuante.¹⁰ Algunas causas no traumáticas de la patología incluyen hemofilia y trombosis, envenenamiento, infecciones, extravasación de soluciones intravenosas, anticoagulación y síndrome nefrótico, además de otras patologías que disminuyen la osmolaridad sérica.¹¹ La clasificación en síndrome compartimental agudo y crónico se desglosa en la siguiente tabla.

Factores de riesgo

Los factores que predisponen esta entidad son aquellos que favorecen o perpetúan el estado proinflamatorio, se subdividen de acuerdo con la tabla 2.¹²⁻¹⁴

Cuadro clínico

La sintomatología del cuadro es de rápida aparición y en escalamiento progresivo de los síntomas.¹ Debido a la posibilidad de omisión de la patología en una exploración física inicial y la atención de la causa subyacente, se debe considerar que todo compartimento muscular tenso y doloroso es un posible síndrome compartimental y debe ser confirmado con la toma de la presión intracompartimental.¹⁵

Un síntoma precoz y clásico es el dolor de tipo ardoroso desproporcionado a la lesión traumática o patología aparente, progresando desde los treinta minutos de la lesión la presencia de parestesias.¹⁶ Otros síntomas como debilidad muscular, tensión compartimental descrita como “firme de madera” y dolor al estiramiento muscular pasivo, requieren monitoreo constante.⁵

Existe sintomatología no frecuente, como la presencia de las cinco “P” de insuficiencia arterial (dolor (*pain*), palidez, falta de pulso, parestesias, poiquiloter-mia). Las complicaciones del síndrome originan sintomatología específica de cada una, como la presencia de coluria en caso de rabdomiólisis.¹⁷

Diagnóstico

El diagnóstico es clínico, con base en el interrogatorio y exploración física de la región afectada.¹⁸ El dolor intenso, que no cede con el manejo anestésico y que se exacerba con el estiramiento pasivo de los dedos es un dato cardinal de sospecha.¹⁹

Tabla 1. Diferencias entre síndrome compartimental agudo y crónico^{1,4-7}

Criterios	Agudo	Crónico
Inicio	Súbito, generalmente después de una lesión grave.	Se desarrolla gradualmente, comúnmente después de actividades físicas intensas.
Causas	Eventos traumáticos agudos tales como fracturas, lesiones, cirugía ortopédica o hemorragia.	Movimientos repetitivos, comunes en deportistas y atletas de alto rendimiento.
Urgencia de manejo	Emergencia médica, se requiere atención inmediata.	No suele ser una emergencia, pero puede ser extremadamente doloroso.
Reversibilidad	Sin tratamiento quirúrgico, no puede realizarse manejo adecuado.	Es posible su manejo por medio de reposo de la extremidad afectada.

Tabla 2. Factores de riesgo para el desarrollo de síndrome compartimental⁵

Grupo	Ejemplo
Ortopédicos	Fracturas diafisarias (tibia, radio o fémur).
Vasculares	Revascularizaciones, enfermedad venosa profunda, hemofilia (capacidad de condicionar hematomas intramusculares).
Tejido blando	Aplastamiento, quemaduras, miositis viral, hemotoxina (mordedura serpiente cascabel).
Iatrogénicas	Uso de torniquete, vendaje compresivo o yesos ajustados.
Otras	Obesidad, hipertensión arterial, hiperlipidemia, diabetes mellitus y posición de Trendelenburg sostenida.

La parestesia es el segundo síntoma en presentarse en un síndrome compartimental, referida principalmente como entumecimiento y pérdida de sensibilidad (isquemia neuronal).¹¹ Síntomas como la parálisis, palidez o ausencia de pulsos son hallazgos tardíos que implican daño neurovascular establecido.¹⁷

El *gold standard* diagnóstico es la medición de la presión intracompartimental (figura 2).^{1,20} Las mediciones de 35 mmHg se consideran como parte del diagnóstico de este síndrome.¹⁷ En pacientes con hipotensión un resultado de 20 mmHg es síntoma.

Para la realización de este procedimiento se debe introducir un transductor conectado a un catéter a una distancia de 5 cm de la lesión.⁵ Adicionalmente la toma de radiografías en proyecciones anteroposterior y lateral de la zona afectada está indicada con el fin de descartar la presencia de fracturas.²⁰

Tratamiento

Un manejo precoz de la patología evita la presencia de complicaciones, por lo que la reducción de la presión compartimental debe ser realizada inmediatamente. El retiro de material constrictivo (y mante-

ner la elevación de la extremidad afectada al nivel del corazón ayuda a mejorar el flujo arterial.²¹ La perfusión del tejido muscular debe ser asegurada con el uso de oxígeno suplementario y bolos de solución salina deben ajustarse a las necesidades del paciente.²²

El tratamiento definitivo de esta patología es la fasciotomía, complementada con antibiótico profiláctico ajustado según la presencia o ausencia de fractura expuesta. Las incisiones, de 12 a 20 cm en miembros inferiores, deben ser amplias, anatómicamente guiadas y realizadas en la menor cantidad posible. El cierre se llevará a cabo de manera progresiva, según la evolución del paciente.^{23,24}

Es importante recalcar la negativa a realizar fasciotomías preventivas o tardías (en presencia de músculo necrótico), dadas las complicaciones infecciosas que puede generar la exposición de tejido.²⁴

Otras terapias como el uso de oxígeno hiperbárico se encuentran en evaluación como manejo de esta patología.^{21,22}

Pronóstico y prevención

Esta entidad clínica posee una mortalidad de 47% si no se trata de forma oportuna, siendo el tiempo de evolución y la realización oportuna del tratamiento quirúrgico los factores pronósticos más relevantes para el desarrollo de complicaciones.^{5,25}

La mortalidad se ha reportado de 37% en fasciotomías tardías (mayores a seis horas) y de 25% en tempranas (menos de seis horas).²⁶ La necesidad de amputación se reporta en 5 a 21% de los casos, con el posterior aumento de morbi-mortalidad que estos manejos implican.²¹

Para prevenir esta patología se deben identificar y remover los yesos/vendajes compresivos, así como el uso de hielo y realizar elevaciones de la extremidad afec-

tada.²⁶ De igual forma, en pacientes con factores de riesgo para desarrollar esta entidad se debe favorecer una adecuada saturación de oxígeno y normotensión (mejoría de la presión de perfusión).²³ Hay estudios que han demostrado el beneficio del manitol en la disminución de radicales libres y la subsecuente formación de edema en pacientes con factores de riesgo para desarrollar síndrome compartimental.²¹

Complicaciones

En caso de manejo tardío, es posible la presencia de necrosis muscular, patologías sensitivas crónicas, parálisis, infecciones, falla en la osteosíntesis, amputación del miembro, rhabdomiólisis, falla renal y muerte.^{27,28}

Discusión y conclusiones

El síndrome compartimental se presenta en 3.1 de cada 100,000 personas, comúnmente como una secuela de aparatos de yesos/vendajes ajustados, contusiones musculares, lesiones vasculares, coagulopatías, quemaduras, torniquetes o, en la mayoría de los casos, de un traumatismo (asociado o no a fractura).^{4,5}

La presión intersticial (espacio miofascial) es el punto clave que lleva a isquemia sostenida, manifestada por dolor, palidez, disminución de pulsos, parestesias, parálisis, etc.; que finalizará en la necrosis de los componentes celulares del compartimento afectado.⁶

Se enfatiza que si bien se cuenta con herramientas para confirmar la sospecha clínica de esta patología (análisis de la presión intracompartimental), no se debe olvidar que el diagnóstico es principalmente clínico.^{1,20}

El síndrome compartimental se considera una urgencia quirúrgica (derivado del estrecho intervalo de tiempo que se

cuenta para un tratamiento eficaz), por lo que una vez hecho el diagnóstico se debe abordar con fasciotomías, recalando que el momento ideal de este tratamiento descompresivo es desde que el paciente presenta los primeros síntomas (recordando que la parálisis y parestesias son manifestaciones tardías).^{21,24,28}

Los pacientes con factores de riesgo y alto índice de sospecha para desarrollar un síndrome compartimental deben estar bajo monitorización continua, procurando el retiro de yesos/vendajes compresivos y elevación del miembro afectado de manera preventiva.^{6,14}

Contribución de los autores

J P-P: conceptualización, desarrollo y escritura.

J L-R: desarrollo, escritura y revisión.

Financiamiento

La presente investigación no recibió financiamiento alguno.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Referencias

- Long B, Liang S, Gottlieb M. Crush injury and syndrome: A review for emergency clinicians. *Am J Emerg Med.* 2023;69(3):180-187.
- Aguirre J, Wolmarans M, Borgeat A. Acute extremity compartment syndrome and (regional) anesthesia: The monster under the bed. *Anesthesiol Clin.* 2022;40(3):491-509.
- Paschos K, Karanikas M, Fiska A. Forearm compartment syndrome: An update. *Sci Chron.* 2021;26(4):629-644.
- Lutter C, Schöffel V, Hotfiel T, Simon M, Maffulli N. Compartment syndrome of the foot: An evidence-based review. *J Foot Ankle Surg.* 2019;58(4):632-640.
- Kalbas Y, Kumabe Y, Sellei R, Pape H. Acute compartment syndrome of the extremities. *Chirurg.* 2023;94(7):93-102.
- Lin J, Samora J. Pediatric acute compartment syndrome: A systematic review and meta-analysis. *J Pediatr Orthop B.* 2020;29(1):90-96.
- Fernandez J, Smith S. Traumatic rhabdomyolysis:

- Crush syndrome, compartment syndrome, and the 'found down' patient. *J Am Acad Orthop Surg*. 2024;32(4):166-174.
8. Sharma N, Sharma N, Sharma A, Mirza S. Comparison and convergence of compartment syndrome techniques: A narrative review. *Expert Rev Med Devices*. 2023;20(4):283-291.
 9. Khoshhal K, Alsaygh E, Alsaedi O, Alshahir A, Alzahim A, Al Fehaid M. Etiology of trauma-related acute compartment syndrome of the forearm: A systematic review. *J Orthop Surg Res*. 2022;17(1):342-362.
 10. Stella M, Santolini E, Sanguineti F, Felli L, Vicenti G, Bizzoca D, et al. Aetiology of trauma-related acute compartment syndrome of the leg: A systematic review. *Injury*. 2019;50(2):57-564.
 11. Guo J, Yingchao Y, Lin J, Ruipeng Z, Zhiyong H, Yingze Z. Acute compartment syndrome: Cause, diagnosis, and new viewpoint. *Medicine*. 2019;98(27):162-178.
 12. Marhofer P, Halm J, Feigl G, Schepers T, Hollmann M. Regional anesthesia and compartment syndrome. *Anesth Analg*. 2021;133(5):1348-1352.
 13. Van Veelen N, Link B, Donner G, Babst R, Beeres F. Compartment syndrome of the forearm caused by contrast medium extravasation: A case report and review of the literature. *Clin Imaging*. 2020;61:58-61.
 14. Mortensen S, Smith R, von Keudell G, Smith M, Weaver M, Nazarian A, et al. Substance-related found-down compartment syndrome: A systematic review. *J Orthop Trauma*. 2021;35(7):e247-e53.
 15. Ahluwalia A, Tiwari K, Somashaker N. Acute compartment syndrome in the limb. *Br J Hosp Med (Lond)*. 2020;81(5):1-6.
 16. Jones A, Rankin J, Then K. Drug overdose, loss of consciousness, and compartment syndrome: A life-threatening combination. *J Emerg Nurs*. 2020;46(3):294-301.
 17. Williams S, Chen S, Todd N. Compartment syndrome in the foot and leg. *Clin Podiatr Med Surg*. 2023;40(1):1-21.
 18. Addley S, McMullan J, Scott S, Soleymani H. 'Well-leg' compartment syndrome associated with gynaecological surgery: A perioperative risk-reduction protocol and checklist. *BJOG*. 2021;128(9):1517-1525.
 19. Kuroki Y, Imamura R, Inoue H, Ebihara T, Nakamura K, Izumi T, et al. Gluteal compartment syndrome after femoral nail extraction: A case report. *Cureus*. 2023;15(4):37289-37297.
 20. Tepordei R, Stefan TG, Cozma T, Nedelcu A, Alexa O, Zamfir C. A comparison of pressure measurement devices used in the acute compartment syndrome of the limbs. *Rev Rom Anat Funct si Clin Macro si Microscopica si Antropologie*. 2014;XIII:369-372.
 21. Long B, Koyfman A, Gottlieb M. Evaluation and management of acute compartment syndrome in the emergency department. *J Emerg Med*. 2019;56(4):386-397.
 22. Lale A. Postoperative rehabilitation of compartment syndrome following fasciotomy. *Turk J Phys Med Rehab*. 2023;69(2):133-139.
 23. Osborn C, Patrick M, Schmidt A. Management of acute compartment syndrome. *J Am Acad Orthop Surg*. 2020;28(3):108-114.
 24. Micicoi L, Gonzalez J, Gauci M, Chabrand P, Machado A, Bronsard N, et al. Acute compartment syndrome of the lower limbs: Fasciotomy or dermofasciotomy? A cadaver study of compartment pressures. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2024;110(1):103-122.
 25. Ahluwalia A, Tiwari K, Somashaker N. Acute compartment syndrome in the limb. *Br J Hosp Med*. 2020;81(5):45-59.
 26. Zhang D, Janssen S, Tarabochia M, von Keudell A, Earp B, Chen N, et al. Factors associated with poor outcomes in acute forearm compartment syndrome. *Hand (N Y)*. 2021;16(5):679-685.
 27. habana M, Attia S, Megahed A, El-Gawad M. Predictive factors for postrevascularization compartment syndrome in acute lower limb ischemia. *Egypt J Surg*. 2023;42(1):260-269.
 28. Kaas P, Robinson L. Compartment syndrome: Neuromuscular complications and electrodiagnosis. *Muscle Nerve*. 2020;62(3):300-308.