



Impulsa tu
trayectoria
médica

Compendio Multidisciplinario en Salud: Patologías Clínicas, Abordaje Quirúrgico y Gestión Ocupacional Tomo 1

Autores:

Bryan Alejandro Alarcón Guambo

Fernando Andrés Moreno Ayala

Mauricio David Ramírez Pineda

Camila Rebeca Moreno Cárdenas



*Compendio Multidisciplinario en Salud:
Patologías Clínicas, Abordaje Quirúrgico y
Gestión Ocupacional Tomo 1*

IMPORTANTE

La información aquí presentada no pretende sustituir el consejo profesional en situaciones de crisis o emergencia. Para el diagnóstico y manejo de alguna condición particular es recomendable consultar un profesional acreditado. Cada uno de los artículos aquí recopilados son de exclusiva responsabilidad de sus autores.

DOI : 10.56470/978-9942-568-86-1

ISBN: 978-9942-568-86-1

Una producción © Meditips

Diciembre 2025

Quito, Ecuador

www.meditips.org

Editado en Ecuador - Edited in Ecuador

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley

Índice de Autores

Bryan Alejandro Alarcón Guambo

Médico General Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Magíster en Criminalística y Ciencias Forenses Universidad Nacional de Chimborazo

Médico Privado

Traumatismos Osteomusculares en el Entorno Laboral: Abordaje Clínico-Quirúrgico, Prevención Ocupacional y Consideraciones Criminalísticas

Fernando Andrés Moreno Ayala

Médico

Magíster en Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales UTE

Magíster en Gestión de Riesgos UIDE

Especialista en Seguridad Minera UISEK

PhD(c) Educación e Innovación Universidad de Investigación e Innovación de México

Diplomado en Atención Primaria en Salud U de Guayaquil

Médico Ocupacional

Docente Posgrado

Flujos Operativos para la Gestión de Emergencias Médicas y Evacuación en el Ámbito Laboral

Mauricio David Ramirez Pineda

Médico Cirujano Universidad de las Américas

Médico Residente

Ureteroscopia y Litotricia Endoscópica en el Manejo Quirúrgico del Cálculo Ureteral Impactado

Camila Rebeca Moreno Cárdenas

Médica Cirujana Universidad de las Américas

Médica General Particular

Abordaje Actual del Asma Grave: Biomarcadores y Terapias Biológicas

Índice

Capítulo 1: Traumatismos Osteomusculares en el Entorno Laboral: Abordaje Clínico-Quirúrgico, Prevención Ocupacional y Consideraciones Criminalísticas 6

Bryan Alejandro Alarcón Guambo

Capítulo 2: Flujos Operativos para la Gestión de Emergencias Médicas y Evacuación en el Ámbito Laboral 18

Fernando Andrés Moreno Ayala

Capítulo 3: Ureteroscopía y Litotricia Endoscópica en el Manejo Quirúrgico del Cálculo Ureteral Impactado 28

Mauricio David Ramírez Pineda

Capítulo 4: Abordaje Actual del Asma Grave: Biomarcadores y Terapias Biológicas 37

Camila Rebeca Moreno Cárdenas

Capítulo 1: Traumatismos Osteomusculares en el Entorno Laboral: Abordaje Clínico-Quirúrgico, Prevención Ocupacional y Consideraciones Criminalísticas

Bryan Alejandro Alarcón Guambo

Médico General Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Magíster en Criminalística y Ciencias Forenses Universidad Nacional de Chimborazo

Médico Privado

1. Introducción

Definición de traumatismos osteomusculares en el ámbito laboral

Los traumatismos osteomusculares (TMO) en el entorno laboral se definen como aquellas lesiones de aparición súbita, o aquellas exacerbaciones agudas de condiciones preexistentes, que afectan estructuras como huesos, articulaciones, músculos, tendones, ligamentos, nervios o vasos sanguíneos adyacentes, y que son producto de un evento único e identificable ocurrido durante el desempeño de la actividad laboral o como consecuencia directa de esta (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 2023). A diferencia de los trastornos musculoesqueléticos (TME) de origen acumulativo y crónico, los TMO se caracterizan por una relación causal clara e inmediata con un suceso traumático específico, como caídas, golpes, aplastamientos, cortes o esfuerzos excesivos y repentinos (World Health Organization [WHO], 2020).

Importancia clínica, ocupacional y legal

La relevancia de los TMO laborales trasciende la esfera meramente clínica. Desde una perspectiva ocupacional, representan una de las principales causas de pérdida de días de trabajo, incapacidad temporal y, en casos graves, de incapacidad permanente parcial o total (Gómez et al., 2022). Clínicamente, su manejo requiere una intervención diagnóstica y terapéutica oportuna, a menudo demandando recursos de alta complejidad, incluyendo procedimientos quirúrgicos y rehabilitación especializada. Legalmente, la adecuada clasificación, el nexo causal con el trabajo y la documentación exhaustiva son cruciales, ya que estas lesiones suelen desencadenar procesos de compensación laboral, auditorías de seguridad y, en circunstancias específicas, investigaciones de índole penal o civil relacionadas con el incumplimiento de normativas de salud y seguridad ocupacional (SSO) (Fernández & Molina, 2021).

Impacto en morbilidad, ausentismo y productividad

El impacto de los TMO en la salud pública y económica es significativo. Contribuyen sustancialmente a la morbilidad ocupacional global, con millones de casos registrados anualmente (WHO, 2020). El ausentismo laboral derivado de estas lesiones impone una carga económica considerable a las empresas, no solo por la pérdida de producción directa, sino también por los costos asociados a la sustitución del personal, la capacitación de reemplazos y las primas de seguro de riesgos del trabajo. La reducción de la productividad, incluso tras el retorno al trabajo, debido a secuelas funcionales o dolor residual, perpetúa el ciclo de impacto negativo, haciendo de la prevención y la gestión eficaz una prioridad económica y social (López-Gómez et al., 2023).

Rol del médico ocupacional y del sistema de SSO

El médico ocupacional funge como el eje central en la gestión integral de los TMO laborales. Su rol abarca desde la vigilancia de la salud, la identificación proactiva de riesgos ergonómicos y de seguridad, la respuesta inicial ante el evento traumático (junto con el personal de enfermería), la coordinación de la atención médica especializada (traumatología, cirugía), hasta la gestión del proceso de rehabilitación y la toma de decisiones informadas sobre la aptitud para el trabajo

(García-Herrera et al., 2024). El sistema de SSO, que incluye a ingenieros, técnicos y personal administrativo, es responsable de implementar las políticas y procedimientos necesarios para minimizar la exposición a riesgos, asegurar el cumplimiento normativo y mantener un registro preciso de los incidentes. La colaboración interdisciplinaria es esencial para un abordaje exitoso, donde la documentación precisa es un pilar fundamental para futuras consideraciones médico-legales.

2. Objetivos del capítulo

El presente capítulo académico tiene como finalidad:

- **Describir** los traumatismos osteomusculares más frecuentes que se presentan en el entorno laboral, detallando su etiología, mecanismos lesionales prevalentes y la población de trabajadores más susceptible.
- **Analizar** el abordaje clínico y quirúrgico estandarizado de los TMO laborales, estableciendo criterios de diagnóstico, manejo inicial, indicación de tratamiento quirúrgico y las consideraciones postoperatorias.
- **Revisar** las estrategias de prevención ocupacional basadas en la evidencia, haciendo énfasis en la aplicación de principios ergonómicos, el uso apropiado de equipos de protección personal (EPP) y los programas de vigilancia de la salud.
- **Integrar** las consideraciones criminalísticas y médico-legales inherentes a los TMO laborales, centrándose en el establecimiento del nexo causal, la diferenciación entre accidente de trabajo y enfermedad profesional, y la adecuada documentación con fines de responsabilidad legal y compensación.

3. Epidemiología de los traumatismos osteomusculares laborales

Panorama mundial

A nivel global, los TMO representan una parte sustancial de las lesiones ocupacionales (OIT, 2023). Las caídas, el contacto con maquinaria o vehículos y los esfuerzos excesivos son consistentemente reportados como los principales mecanismos de lesión (WHO, 2020). Aunque las tasas varían significativamente por región y sector económico, la tendencia general subraya una carga de morbilidad persistente. La OIT (2023) estima que millones de días de trabajo se pierden anualmente debido a accidentes no fatales, con los TMO como la categoría predominante de lesiones incapacitantes. Las extremidades superiores e inferiores, seguidas de la columna vertebral, son las localizaciones anatómicas más frecuentemente afectadas.

América Latina

En América Latina, la subnotificación y la informalidad laboral complican la obtención de datos precisos; sin embargo, los informes disponibles confirman la alta prevalencia de TMO (Gómez et al., 2022). Sectores como la construcción, la minería, la agricultura y el transporte presentan índices de riesgo notoriamente elevados. Las deficiencias en la aplicación de normativas de SSO, el uso inadecuado de EPP y la falta de capacitación constante contribuyen a que estos países mantengan tasas de incidencia superiores a las observadas en naciones con sistemas de seguridad industrial más desarrollados.

Contexto ecuatoriano

El contexto ecuatoriano, al igual que otros países de la región, enfrenta desafíos significativos. Los datos del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) y del Ministerio de Trabajo indican que los accidentes de trabajo, en los que los TMO son la lesión más común, siguen siendo una causa primordial de ausentismo (López-Gómez et al., 2023). Las lesiones de mano, muñeca, tobillo y rodilla, a menudo resultantes de caídas a distinto nivel o manejo manual de cargas sin técnica

adecuada, son particularmente prevalentes. El sector de la manufactura y el comercio también aportan una proporción significativa de los casos reportados.

Sectores laborales de mayor riesgo

Los sectores laborales con mayor riesgo de TMO son aquellos que implican tareas físicamente exigentes, exposición a maquinaria pesada o riesgo de caídas:

- **Construcción:** Alto riesgo de caídas, golpes por objetos en movimiento o en colisión, y aplastamientos.
- **Minería:** Exposición a riesgos de derrumbes, maquinaria pesada y vibraciones, con alta incidencia de fracturas y lesiones articulares.
- **Transporte y Logística:** Riesgos asociados a accidentes de tránsito, manejo de cargas pesadas y caídas durante la carga/descarga.
- **Agricultura y Pesca:** Lesiones por herramientas cortopunzantes, manejo de animales y caídas en terrenos irregulares.
- **Industria Manufacturera:** Riesgo de atrapamiento por maquinaria, cortes y lesiones por movimientos repetitivos (aunque los TMO se enfocan en eventos agudos).

4. Clasificación de los traumatismos osteomusculares

Los TMO en el entorno laboral pueden clasificarse de diversas maneras, pero una clasificación orientada al tejido afectado, el mecanismo de lesión y la gravedad es esencial para el manejo clínico y la documentación ocupacional.

Tabla 1. Clasificación de los traumatismos osteomusculares en el entorno laboral

Tipo de lesión	Tejido afectado	Mecanismo frecuente	Ejemplos clínicos	Gravedad habitual
Fracturas óseas	Hueso	• Caída desde altura • Golpe directo • Aplastamiento • Torsión extrema.	Fractura de cúbito y radio por caída; Fractura de metatarsianos por caída de objeto.	Moderada a grave (riesgo de incapacidad permanente).
Luxaciones/ Subluxaciones	Articulación (cápsula, ligamentos, cartilago)	• Movimiento forzado más allá del rango fisiológico • Tracción violenta • Impacto directo.	Luxación de hombro en estibador por levantamiento forzado; Luxación de rótula por torsión.	Moderada a grave (alta recurrencia sin tratamiento adecuado).
Esguinces/ Distensiones ligamentosas	Ligamentos	• Torcedura o torsión repentina • Apoyo irregular • Inversión o eversión forzada del pie.	Esguince de tobillo Grado II en trabajador de construcción por terreno irregular; Lesión del ligamento cruzado anterior.	Leve a moderada (Grados I a III).
Desgarros/ Contusiones musculares	Músculo y/o tendón	• Esfuerzo súbito e intenso (levantamiento de peso) • Golpe directo (contusión) • Laceración.	Desgarro del manguito rotador por esfuerzo de carga; Contusión del cuádriceps por golpe con herramienta.	Leve a moderada (riesgo de hematoma e infección).
Lesiones tendinosas agudas	Tendón	• Tracción súbita y violenta, • Laceración • Aplastamiento.	Rotura aguda del tendón de Aquiles al correr o saltar; Lesión por corte del tendón flexor en mano.	Moderada a grave (requiere a menudo manejo quirúrgico).

Lesiones neurovasculares asociadas	Nervios periféricos y vasos sanguíneos	• Fracturas desplazadas • Luxaciones • Laceraciones profundas • Síndromes compartimentales.	Lesión del nervio radial en fractura de húmero; Sección de arteria y nervio por maquinaria.	Grave (riesgo de pérdida funcional o vitalidad del miembro).
------------------------------------	--	--	---	--

5. Fisiopatología del trauma osteomuscular

La respuesta biológica al trauma osteomuscular es una cascada compleja de eventos que comienza con la lesión mecánica directa y evoluciona hacia una respuesta inflamatoria sistémica y local, determinante del resultado funcional.

Lesión tisular primaria y secundaria

La lesión primaria es el daño estructural inmediato causado por la energía cinética del evento traumático (fuerza, torsión, cizallamiento, compresión). Esto incluye la interrupción de la continuidad ósea (fractura), la rotura de ligamentos o tendones, o el daño muscular directo (contusión o desgarro) (Khan et al., 2022). La magnitud de la lesión primaria está directamente relacionada con la energía transferida.

La **lesión secundaria** se desarrolla en las horas y días posteriores al evento y es mediada por la isquemia, la hipoxia, la liberación de mediadores inflamatorios y el edema local. En el caso de fracturas o lesiones de partes blandas con gran inflamación, la presión tisular puede aumentar, llevando a síndromes compartimentales, que son la manifestación más grave de la lesión secundaria, resultando en necrosis muscular y nerviosa si no se descomprime rápidamente (Hussain & Al-Badri, 2021).

Respuesta inflamatoria

Inmediatamente después del trauma, se activa una respuesta inflamatoria aguda. Se produce la liberación de citocinas proinflamatorias (IL-1, IL-6, TNF- α) y quimiocinas que atraen células inflamatorias como neutrófilos y macrófagos al sitio de la lesión (Li et al., 2023). Esta fase es crucial para la limpieza de tejido necrótico y el inicio de la reparación. No obstante, una respuesta inflamatoria descontrolada o prolongada contribuye al dolor crónico y puede exacerbar el daño tisular secundario, particularmente en el músculo y el cartílago.

Compromiso vascular y neurológico

El trauma puede comprometer directamente la vasculatura y los nervios. Las lesiones vasculares, como la sección o la trombosis de vasos mayores, pueden llevar a isquemia crítica y pérdida de la extremidad. Las fracturas con gran desplazamiento, especialmente las de tibia o fémur, deben hacer sospechar un compromiso arterial. El daño neurológico puede ser por contusión, compresión (como en el síndrome compartimental) o sección (laceración). La evaluación cuidadosa de la función motora y sensitiva distal a la lesión es obligatoria, ya que una lesión nerviosa no reconocida puede resultar en una morbilidad funcional permanente significativa (Wong et al., 2022).

Riesgo de cronificación

La cronificación de los TMO, transformándose en dolor crónico o disfunción musculoesquelética persistente, es un riesgo considerable en el ámbito laboral. Factores como el manejo inadecuado del dolor agudo, la rehabilitación incompleta, la existencia de factores psicosociales (miedo al movimiento, creencias de evitación del dolor, insatisfacción laboral) y una respuesta inflamatoria persistente, pueden llevar a la sensibilización central y a la evolución a dolor crónico (García-Herrera et al., 2024).

6. Abordaje clínico inicial en el entorno laboral

El abordaje inicial del TMO en el entorno laboral debe seguir los principios de la medicina de urgencias, adaptados al contexto de la SSO, priorizando la vida y la extremidad.

Evaluación primaria y secundaria

La evaluación primaria (ABCDE) se centra en la estabilización de las funciones vitales, especialmente en escenarios de politrauma laboral de alta energía (caídas de altura, accidentes vehiculares). La inmovilización cervical y el control de hemorragias masivas son prioritarios.

La **evaluación secundaria** comienza una vez estabilizado el paciente. Se realiza una exploración física detallada de la cabeza a los pies, buscando lesiones ocultas. En el contexto de un TMO aislado, esta etapa se enfoca en el miembro lesionado, evaluando el estado neurovascular (pulsos, relleno capilar, sensibilidad, función motora), la deformidad, el edema, la crepitación y el dolor (Wong et al., 2022).

Anamnesis ocupacional

La anamnesis no solo debe indagar el mecanismo de la lesión (qué pasó, dónde, cuándo, cómo), sino también los factores ocupacionales subyacentes:

- **Descripción detallada del evento:** Altura de caída, peso de la carga, tipo de máquina, posición del cuerpo.
- **Factores de riesgo preexistentes:** Lesiones previas en la misma zona, comorbilidades (diabetes, osteoporosis), uso de medicamentos (anticoagulantes).
- **Factores de exposición:** Horario de trabajo, capacitación en la tarea, uso de EPP, condiciones del puesto de trabajo (orden y limpieza).
- **Factores psicosociales:** Relaciones laborales, satisfacción, carga mental percibida.

Esta información es vital para establecer el nexo causal y para las posteriores consideraciones médico-legales.

Examen físico dirigido

El examen físico debe ser sistemático e incluir la inspección, palpación, evaluación del rango de movimiento (activo y pasivo, si es tolerado), y la valoración neurovascular (motor, sensitivo, vascular). La comparación con el miembro contralateral es fundamental (Hussain & Al-Badri, 2021). Se deben buscar activamente signos de síndrome compartimental o lesiones abiertas.

Estudios complementarios

La radiografía simple es el estudio de imagen inicial por excelencia para la evaluación de fracturas, luxaciones y cuerpos extraños radiopacos. Debe obtenerse en al menos dos proyecciones ortogonales (A-P y lateral). La tomografía computarizada (TC) se reserva para fracturas complejas, intraarticulares, vertebrales o de pelvis que requieren una planificación quirúrgica detallada. La resonancia magnética (RM) es la modalidad de elección para evaluar lesiones de partes blandas (ligamentos, tendones, meniscos, músculo), aunque raramente es necesaria en la evaluación inicial de urgencia. La ecografía puede ser útil para evaluar la continuidad tendinosa y la presencia de colecciones líquidas (hematomas).

Tabla 2. Evaluación clínica inicial del traumatismo osteomuscular laboral

Etapa	Evaluación	Objetivo clínico	Responsable	Registro
I. Estabilización	• ABCDE (Airway Breathing, Circulation, Disability, Exposure)	Preservar la vida; Control de hemorragia; Inmovilización espinal.	Médico de urgencias/ Ocupacional, Enfermería, Paramedicina.	• Nota de urgencia • Hoja de signos vitales • Evaluación de Glasgow.

II. Anamnesis	- Mecanismo de lesión, - Antecedentes mórbidos, Factores ocupacionales.	Establecer el nexo causal y la severidad del trauma.	Médico ocupacional/ Clínico.	- Historia Clínica Ocupacional - Declaración del Accidente.
III. Examen Físico	- Inspección - Palpación - Evaluación Neurovascular - Evaluación del Dolor - Exposición completa.	Determinar la extensión de la lesión, descartar compromiso neurovascular y síndrome compartimental.	Médico ocupacional/ Traumatólogo.	- Nota de examen físico detallado - Gráfico corporal de lesiones.
IV. Diagnóstico Imagenológico	- Radiografías simples (2 proyecciones) - TC o Ecografía (según sospecha).	Confirmar/descartar fracturas, luxaciones o lesiones tendinosas mayores.	Radiólogo, Tecnólogo, Médico tratante.	- Reporte radiológico formal - Imágenes adjuntas (si aplica).
V. Clasificación Ocupacional	- Diferenciación entre Accidente de Trabajo - Accidente Común - Enfermedad.	Definir la ruta de compensación y la responsabilidad legal.	Médico ocupacional, Gestor de SSO.	Formulario oficial de Notificación de Accidente de Trabajo.

7. Manejo quirúrgico y criterios de derivación

El manejo de los TMO laborales puede ir desde la inmovilización simple hasta la cirugía de alta complejidad. La decisión de manejo quirúrgico debe ser basada en la evidencia, con el objetivo de restaurar la anatomía y la función lo antes posible.

La derivación al especialista (traumatólogo, cirujano de mano, cirujano plástico) debe ser expedita cuando se cumplan ciertos criterios. La inmovilización inicial y la analgesia son medidas puente hasta el manejo definitivo.

Criterios de Derivación Urgente

- Compromiso neurovascular agudo (isquemia, déficit motor/sensitivo progresivo).
- Fracturas abiertas (exposición ósea o contaminación).
- Síndrome compartimental establecido o inminente.
- Luxaciones articulares que no se pueden reducir en el entorno de la atención primaria.
- Lesiones tendinosas mayores con pérdida funcional evidente (e.g., rotura del tendón de Aquiles o tendones flexores de la mano).

Tabla 3. Indicaciones de manejo quirúrgico en traumatismos osteomusculares

Tipo de lesión	Indicador quirúrgico	Especialidad	Objetivo terapéutico	Riesgos
Fracturas	- Desplazamiento significativo (>2 mm) - Inestabilidad - Intraarticulares con escalón, no consolidación.	- Traumatología - Ortopedia.	- Restauración anatómica - Fijación estable (Osteosíntesis) - Movilización temprana.	- Infección (Osteomielitis) - Lesión nerviosa/vascular - Pseudoartrosis - Falla del material.
Luxaciones	- Irreductibilidad (interposición de partes blandas) - Inestabilidad post-reducción - Luxación recidivante.	- Traumatología - Ortopedia.	- Liberación de interposición - Reparación capsuloligamentaria - Estabilización articular.	- Rigidez articular - Dolor crónico - Lesión del cartílago (Artritis postraumática).

Lesiones Tendinosas	Rotura total o parcial de alto grado (mayor al 50-70%) de tendones clave (flexores, extensores, manguito rotador, Aquiles).	- Cirugía de Mano - Traumatología.	- Sutura o reconstrucción tendinosa - Reestablecimiento de la continuidad y función.	- Adherencias tendinosas - Infección - Rotura post-reparación - Pérdida de rango de movimiento.
Lesiones Neurovasculares	- Sección vascular o nerviosa - Compresión nerviosa persistente (e.g., en túnel carpiano por trauma) - Síndrome compartimental.	- Cirugía Vascular - Neurocirugía - Cirugía de Mano.	- Reparación vascular (Anastomosis, Bypass) - Descompresión de nervios (Fasciotomía) - Neuorrafia o injerto.	- Trombosis - Hemorragia - Déficit funcional neurológico residual - Dolor neuropático.
Lesiones de Partes Blandas	- Heridas complejas con pérdida de sustancia - Contaminadas - Lesiones por aplastamiento - Exposición de hueso/articulación.	- Cirugía Plástica - Traumatología.	- Desbridamiento - Cobertura cutánea (Injertos, Colgajos) - Prevención de infección.	- Pérdida de cobertura - Infección - Retraso en la cicatrización - Secuelas estéticas y funcionales.

8. Rehabilitación y reincorporación laboral

El proceso de rehabilitación y el subsecuente retorno al trabajo son elementos críticos que impactan directamente el pronóstico funcional y la compensación (García-Herrera et al., 2024). Un plan de rehabilitación personalizado y multidisciplinario es indispensable.

Tabla 4. Fases de rehabilitación y retorno al trabajo

Fase	Intervención	Objetivo	Profesional responsable	Tiempo estimado
I. Protección y Control	- Inmovilización inicial - Control del dolor/edema (crioterapia, elevación) - Movilización pasiva asistida suave (si es segura).	- Reducir inflamación - Proteger la reparación tisular - Prevenir la rigidez temprana.	- Fisioterapeuta - Médico tratante.	1-4 semanas (varía según la lesión).
II. Movilidad y Fortalecimiento Temprano	- Movilidad activa asistida - Ejercicios de rango de movimiento activo - Fortalecimiento isométrico - Terapia ocupacional (en extremidad superior).	- Recuperar el rango de movimiento articular - Iniciar la contracción muscular - Mejorar la estabilidad.	- Fisioterapeuta - Terapeuta Ocupacional.	4-12 semanas.
III. Fortalecimiento Funcional	- Ejercicios resistidos progresivos - Entrenamiento propioceptivo y de equilibrio - Simulaciones de tareas laborales específicas.	- Aumentar la fuerza y resistencia al nivel pre-lesional - Mejorar la coordinación y el control motor.	- Fisioterapeuta - Médico Ocupacional (monitoreo).	12-24 semanas.
IV. Reincorporación Laboral (Gradual)	- Adaptación del puesto de trabajo - Retorno al trabajo modificado (tareas ligeras, horario reducido) - Evaluación de capacidad funcional.	- Transición segura y progresiva al trabajo completo - Prevención de recidivas.	- Médico Ocupacional - Supervisor de SSO - Empleador.	Variable (Puede comenzar a partir de la semana 8-12 en casos leves).

9. Prevención ocupacional de los traumatismos osteomusculares

La prevención eficaz de los TMO laborales se fundamenta en un enfoque jerárquico que prioriza la eliminación del riesgo.

Ergonomía

La aplicación de la ergonomía preventiva es la estrategia más costo-efectiva. Implica el diseño y la adaptación del puesto de trabajo para que se ajuste a las capacidades del trabajador, reduciendo las demandas físicas y los movimientos forzados (OIT, 2023). Se centra en:

- **Diseño de herramientas:** Reducción de peso, agarres adecuados, eliminación de vibraciones excesivas.
- **Manipulación de cargas:** Uso de ayudas mecánicas (montacargas, grúas), optimización de pesos y distancias, entrenamiento en técnicas de levantamiento seguro.
- **Diseño del puesto:** Alturas de trabajo adecuadas para evitar posturas forzadas, uso de alfombrillas antifatiga.

Capacitación

Programas de capacitación constante sobre riesgos específicos, procedimientos de trabajo seguros, técnicas de levantamiento, uso correcto de maquinaria y respuesta a emergencias (WHO, 2020). La capacitación debe ser práctica, periódica y adaptada al nivel educativo y lingüístico de los trabajadores.

Equipos de protección personal (EPP)

El EPP actúa como una barrera final, minimizando la severidad de la lesión si el accidente ocurre. El uso adecuado y obligatorio de cascos (protección contra caídas de objetos), calzado de seguridad (protección contra aplastamientos y deslizamientos), guantes resistentes al corte/impacto y arneses de seguridad (para trabajos en altura) es fundamental.

Vigilancia de la salud

Incluye exámenes médicos ocupacionales pre-empleo y periódicos, que permiten identificar condiciones médicas preexistentes que podrían aumentar el riesgo (e.g., inestabilidad articular) y realizar un seguimiento de los trabajadores expuestos a riesgos específicos.

Tabla 5. Estrategias de prevención de traumatismos osteomusculares laborales

Riesgo identificado	Medida preventiva	Nivel de control	Responsable	Impacto esperado
Caídas a diferente nivel	Uso obligatorio de arneses de seguridad, Barandales de protección, Redes de seguridad.	Eliminación/ Sustitución, Ingeniería.	Supervisor de SSO, Empleador.	Eliminación de fatalidades, Reducción de fracturas complejas.
Manejo manual de cargas pesadas	Uso de equipos mecánicos de elevación, Reducción de pesos unitarios, Rotación de tareas.	Ingeniería, Administrativo.	Ergonomista, Médico Ocupacional, Supervisor.	Reducción de esguinces lumbares y desgarros musculares.
Atrapamiento por maquinaria	Instalación de guardas de seguridad fijas y móviles, Dispositivos de parada de emergencia, Procedimientos de Bloqueo/ Etiquetado (LOTO).	Ingeniería, Administrativo.	Ingeniero de Seguridad, Mantenimiento.	Eliminación de lesiones graves por aplastamiento o amputación.
Superficies resbaladizas	Mantenimiento de orden y limpieza, Señalización, Uso de calzado con suela antideslizante.	Administrativo, EPP.	Trabajador, Supervisor.	Reducción de caídas al mismo nivel y esguinces de tobillo/ rodilla.
Golpes/Impacto de objetos	Uso de cascos, calzado con puntera de acero, guantes anti-impacto.	EPP, Ingeniería (apilamiento seguro).	Trabajador, Supervisor.	Reducción de contusiones y fracturas de cráneo/ pie/mano.

10. Consideraciones criminalísticas y médico-legales

La diferenciación y la correcta documentación de los TMO laborales tienen implicaciones legales significativas que pueden conducir a investigaciones administrativas, civiles o incluso penales.

Nexo causal

El nexo causal es el elemento médico-legal más crucial. Debe demostrarse, con un alto grado de certeza científica, que la lesión es una consecuencia directa, inmediata y necesaria de la actividad laboral (Fernández & Molina, 2021). Se requiere la correlación entre:

1. **Agente lesional:** El evento traumático específico ocurrido en el trabajo.
2. **Mecanismo de producción:** La forma en que la energía causó el daño (ej. caída, golpe).
3. **Lesión:** El diagnóstico clínico y patológico.
4. **Cronología:** La temporalidad de la lesión y el evento.

La preexistencia de patologías (ej. artrosis) debe ser considerada para determinar si el accidente actuó como un desencadenante o un agravante.

Accidente de trabajo vs enfermedad profesional

- **Accidente de Trabajo:** Lesión corporal o perturbación funcional, inmediata o posterior, o la muerte, producida repentinamente en ejercicio, o con motivo del trabajo, e incluso durante el traslado (si es cubierto legalmente). Los TMO, por su naturaleza súbita, son típicamente clasificados como accidentes de trabajo.
- **Enfermedad Profesional:** Estado patológico derivado de la exposición continua y progresiva a un factor de riesgo inherente al trabajo o al medio en que el trabajador se ha visto obligado a laborar (OIT, 2023). Un TME crónico, como la tendinitis o la artrosis relacionada con la carga, es una enfermedad profesional. La diferenciación es vital para los procesos de indemnización y la responsabilidad empresarial.

Documentación clínica

La documentación debe ser exhaustiva, objetiva y contemporánea a los hechos. Incluye:

- Registro detallado del mecanismo lesional y el testimonio del trabajador y testigos.
- Descripción precisa de las lesiones (localización, extensión, compromiso neurovascular) en el historia clínica.
- Reportes de imágenes diagnósticas (radiografías, TC, RM) y resultados de laboratorio.
- Nota de la valoración inicial y los procedimientos realizados (suturas, reducciones, cirugía).
- Certificados de incapacidad (temporal y permanente, si aplica), con especificación clara de los fundamentos médicos.

Responsabilidad legal

La responsabilidad puede ser administrativa (multas por incumplimiento de SSO), civil (compensación económica por daños y perjuicios) o penal (en casos de negligencia grave o incumplimiento de deberes que resulten en lesiones graves o muerte). La documentación médico-legal debe permitir a las autoridades determinar si el empleador cumplió con su deber de diligencia en la prevención de riesgos (López-Gómez et al., 2023).

Tabla 6. Elementos médico-legales en el análisis del traumatismo laboral

Elemento	Descripción	Importancia legal	Documento asociado	Responsable
Nexo Causal	Vínculo directo entre el evento laboral y la lesión específica.	Define si la lesión es indemnizable como accidente de trabajo.	- Historia Clínica Ocupacional - Reporte de Accidente, Informe Médico-Legal.	- Médico Ocupacional - Médico Forense.
Mecanismo de Lesión	Tipo de fuerza o evento (caída, golpe, torsión) que produjo el daño.	Corroborar la versión del accidente, descarta simulación o exageración.	- Declaración del Trabajador - Reporte del Supervisor - Protocolo Quirúrgico.	Perito Forense, Investigador de SSO.
Determinación de Secuelas	Evaluación de la pérdida de capacidad funcional residual (Anatomía y Función).	Base para el cálculo de la Incapacidad Permanente Parcial/Total y compensación.	Certificado de Alta con Secuelas, Informe de Valoración de Capacidad Funcional.	- Médico Evaluador de Seguros - Médico Forense.
Cumplimiento Normativo	Verificación de la aplicación de normativas de SSO y entrega de EPP.	Determina la responsabilidad administrativa y civil del empleador.	- Registros de Capacitación - Actas de Inspección de Seguridad - Kardex de EPP.	- Gerencia de SSO - Inspector de Trabajo.
Imputabilidad	Posible atribución de dolo o culpa (negligencia grave) por incumplimiento.	Elemento clave en procesos penales por lesiones u homicidio culposos.	- Auditoría de SSO - Dictamen Médico-Legal/Pericial.	Fiscal, Juez.

11. Rol del médico ocupacional

El médico ocupacional asume un rol multifacético, crucial para la gestión ética, clínica y legal de los TMO laborales. Sus responsabilidades se centran en:

- **Asistencia Inicial y Coordinación:** Asegurar la atención médica inmediata y la correcta derivación a la especialidad (traumatología, cirugía) cuando se requiera.
- **Gestión del Caso:** Supervisar el proceso de tratamiento y rehabilitación, garantizando la continuidad de la atención y el apego a guías clínicas.
- **Determinación del Nexo Causal:** Realizar la investigación y documentación para clasificar la lesión como accidente de trabajo o común, lo que impacta directamente en la compensación.
- **Vigilancia Ocupacional:** Participar activamente en la identificación y control de riesgos ergonómicos y de seguridad en el lugar de trabajo.
- **Gestión de la Capacidad Laboral:** Emitir certificados de incapacidad temporal, evaluar la aptitud para el trabajo y determinar las restricciones laborales (retorno al trabajo modificado), basándose en la evolución clínica y la capacidad funcional residual.
- **Asesoría Médico-Legal:** Elaborar informes periciales o actuar como consultor técnico en procedimientos legales, garantizando la objetividad y el rigor científico en la documentación (García-Herrera et al., 2024).

12. Discusión

La gestión de los TMO laborales constituye un desafío constante para los sistemas de salud y seguridad ocupacional. Si bien la medicina ha avanzado en técnicas quirúrgicas (como la osteosíntesis mínimamente invasiva y la artroscopía), la prevalencia de estas lesiones subraya una brecha persistente en la aplicación efectiva de la prevención primaria.

La epidemiología regional, especialmente en América Latina y el contexto ecuatoriano, refleja la necesidad de fortalecer la cultura de seguridad y la inversión en ergonomía (López-Gómez et al.,

2023). La informalidad laboral y la subnotificación son factores que distorsionan las estadísticas reales, dificultando la focalización de las políticas preventivas.

Desde una perspectiva clínica, el manejo debe ser proactivo, priorizando la restauración anatómica y funcional para minimizar la incapacidad residual. No obstante, el manejo eficaz trasciende la cirugía; la rehabilitación especializada, en sus cuatro fases (protección, movilidad, fortalecimiento, reincorporación), es determinante. El fracaso en una fase conduce inevitablemente a resultados funcionales subóptimos y aumenta el riesgo de cronificación del dolor, lo que a su vez impacta negativamente en la reincorporación laboral (Khan et al., 2022).

El componente médico-legal es ineludible. La presión para clasificar una lesión correctamente, determinar el nexo causal y evaluar las secuelas exige del médico un rigor documental que va más allá de la práctica clínica habitual. La confusión entre Accidente de Trabajo y Enfermedad Profesional, aunque conceptualmente clara, puede ser ambigua en casos de exacerbación de condiciones preexistentes, requiriendo un análisis meticuloso del mecanismo de lesión y la cronología. El médico ocupacional, al integrar el conocimiento clínico con la legislación laboral y los principios criminalísticos, se convierte en el garante de la justicia y la salud del trabajador.

13. Conclusiones

1. Los traumatismos osteomusculares representan una de las principales causas de morbilidad y ausentismo en el entorno laboral a nivel global y regional, siendo la construcción, la minería y el transporte sectores de alto riesgo.
2. El abordaje clínico inicial debe ser sistemático (ABCDE), complementado por una anamnesis ocupacional exhaustiva y estudios de imagen dirigidos (radiografía simple inicialmente), con el fin de establecer un diagnóstico preciso y descartar lesiones graves como el compromiso neurovascular y el síndrome compartimental.
3. El manejo quirúrgico es esencial para restaurar la anatomía en fracturas desplazadas e intraarticulares, luxaciones irreductibles o lesiones tendinosas mayores. La derivación oportuna al traumatólogo es un criterio de calidad en la atención del TMO laboral.
4. La rehabilitación funcional en cuatro fases (protección, movilidad, fortalecimiento, reincorporación gradual) es indispensable para el éxito terapéutico y la prevención de la incapacidad permanente. El médico ocupacional debe gestionar este proceso en coordinación con el fisioterapeuta y el empleador.
5. La prevención eficaz radica en la aplicación jerárquica de medidas de SSO, con énfasis en la ergonomía y la ingeniería para eliminar el riesgo, seguido por medidas administrativas (capacitación) y el uso correcto del EPP, conforme lo demuestran las guías de la OIT.
6. El nexo causal y la diferenciación entre Accidente de Trabajo y Enfermedad Profesional son elementos médico-legales centrales. La documentación clínica debe ser objetiva, detallada y cumplir con los requisitos forenses para sustentar la clasificación, la compensación y la determinación de la responsabilidad legal en caso de investigaciones.

14. Bibliografía

1. Fernández, A., & Molina, P. (2021). Medicina legal del trabajo: Aspectos clínicos y forenses. Editorial Dykinson.
2. García-Herrera, M., Salazar, P., & Soto, R. (2024). Rol del médico ocupacional en la gestión de la capacidad laboral y el dolor crónico post-traumático. Revista Cubana de Salud y Seguridad del Trabajo, 5(1), e125-e138.

3. Gómez, L. M., Vargas, J. A., & Restrepo, G. (2022). Perfil epidemiológico de los accidentes de trabajo en América Latina: Una revisión sistemática. *Salud Pública de México*, 64(3), 299-311.
4. Hussain, I., & Al-Badri, T. (2021). Management of extremity trauma: A concise review for the general surgeon. *Injury*, 52(1), 1-8.
5. Khan, S. A., Stannard, J. P., & O'Toole, R. V. (2022). Pathophysiology of the injured patient. En S. A. Khan, T. L. Stannard, & R. V. O'Toole (Eds.), *Trauma: A Comprehensive Approach* (pp. 3-18). Springer.
6. Li, Z., Zhong, Z., & Chen, J. (2023). Inflammation and immune response in the healing of musculoskeletal soft tissue injuries. *Frontiers in Immunology*, 14, 1113256.
7. López-Gómez, J. R., Pérez, S. M., & Rivas, A. C. (2023). Impacto económico y social de los accidentes laborales en el Ecuador: Un análisis de la morbilidad y el ausentismo. *Revista de la Seguridad Social y el Trabajo*, 15(2), 45-60.
8. Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2023). Seguridad y salud en el centro del futuro del trabajo: La prevención de accidentes y enfermedades profesionales. OIT Publicaciones.
9. World Health Organization (WHO). (2020). Musculoskeletal conditions. Recuperado de <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions>
10. Wong, K. D., O'Toole, R. V., & Griend, R. V. (2022). Initial evaluation and management of musculoskeletal trauma. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 30(12), 531-542.

Capítulo 2: Flujos Operativos para la Gestión de Emergencias Médicas y Evacuación en el Ámbito Laboral

Fernando Andrés Moreno Ayala

Médico

Magíster en Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales UTE

Magíster en Gestión de Riesgos UIDE

Especialista en Seguridad Minera UISEK

PhD(c) Educación e Innovación Universidad de Investigación e Innovación de México

Diplomado en Atención Primaria en Salud U de Guayaquil

Médico Ocupacional

Docente Posgrado

1. Introducción

Concepto de emergencia médica laboral

Una **emergencia médica laboral** se define como cualquier situación crítica, súbita e inesperada que ocurre dentro del entorno de trabajo o durante la ejecución de las actividades profesionales, que pone en riesgo inminente la vida o la integridad física de un trabajador, un visitante o cualquier persona presente en las instalaciones, y que requiere una respuesta asistencial inmediata y organizada (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 2021). Estas situaciones pueden derivar de accidentes de trabajo, como traumatismos graves o exposiciones a agentes peligrosos, o de la descompensación aguda de patologías preexistentes, como infartos agudos de miocardio, accidentes cerebrovasculares o crisis convulsivas.

Importancia de los flujos operativos en la respuesta oportuna

La eficacia en la respuesta a una emergencia médica depende críticamente de la existencia y la correcta aplicación de **flujos operativos** preestablecidos, validados y conocidos por el personal involucrado. Un flujo operativo es una secuencia lógica y cronometrada de acciones, responsabilidades y recursos que guían al personal desde la detección de la emergencia hasta la resolución o el traspaso del paciente a la atención definitiva (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2020). La falta de un flujo claro conduce a la descoordinación, la pérdida de tiempo (el factor tiempo es inversamente proporcional a la supervivencia en la mayoría de las emergencias) y la potencial omisión de pasos críticos, comprometiendo el pronóstico del afectado.

Impacto clínico, organizacional y legal

El impacto de una emergencia médica laboral se extiende más allá del individuo afectado.

- **Clínico:** Una respuesta ineficaz resulta en un aumento de la morbilidad y la mortalidad, con consecuencias a largo plazo para la salud del trabajador.
- **Organizacional:** La gestión deficiente genera interrupción de la producción, daño a la moral del personal, aumento del ausentismo y necesidad de reemplazo del personal (Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo [OSHA], 2022).
- **Legal:** La omisión o la negligencia en el establecimiento de procedimientos de emergencia adecuados puede acarrear responsabilidades civiles, penales y administrativas para el empleador, especialmente si se contravienen normativas nacionales de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST).

Relación con los Sistemas de Seguridad y Salud en el Trabajo

Los flujos operativos y los planes de emergencia son componentes esenciales del ciclo de mejora continua (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) de un Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). La norma ISO 45001 (International Organization for Standardization [ISO], 2018) exige que la organización establezca, implemente y mantenga procesos para prepararse y responder a situaciones de emergencia potenciales. Los flujos garantizan que la preparación se traduzca en una respuesta práctica y eficaz, alineando la política de SST con la acción en el momento crítico.

2. Objetivos del capítulo

El presente capítulo académico busca dotar a los profesionales de la salud, brigadistas, responsables de SST y gestores de riesgos de un marco conceptual y operativo robusto para la gestión de emergencias médicas y la evacuación en el ámbito laboral.

- **Analizar la importancia** de la implementación de flujos operativos estructurados para optimizar la respuesta inicial ante cualquier contingencia médica.
- **Describir la gestión integral** de emergencias médicas en el entorno laboral, abordando las fases de preparación, respuesta, recuperación y mejora continua.
- **Definir los procesos de evacuación laboral** como una estrategia crítica de protección colectiva, detallando las etapas operativas y la asignación de responsabilidades.
- **Identificar y especificar los roles** del personal de salud ocupacional, los brigadistas y otros actores clave en la ejecución coordinada de los planes de emergencia.

3. Marco conceptual de la gestión de emergencias laborales

Tipos de emergencias médicas

Las emergencias médicas en el ámbito laboral se pueden clasificar según su etiología y su manifestación clínica. Es fundamental distinguirlas para orientar la respuesta:

1. **Traumáticas:** Lesiones resultantes de energía externa (mecánica, térmica, eléctrica, química). Ejemplos: fracturas, quemaduras, electrocución.
2. **Clínicas no traumáticas:** Descompensación aguda de una enfermedad o patología médica. Ejemplos: infarto agudo de miocardio, accidente cerebrovascular, crisis asmática grave.
3. **Ambientales/Toxicológicas:** Resultantes de la exposición a agentes físicos, químicos o biológicos en el entorno laboral. Ejemplos: golpe de calor, intoxicación por gases, reacción anafiláctica por exposición a látex.
4. **Psicológicas/Comportamentales:** Reacciones agudas de estrés o crisis de ansiedad severa que requieren intervención.

Niveles de respuesta

La gestión de la emergencia opera bajo una estructura escalonada de respuesta, lo que permite la dosificación de recursos:

1. **Nivel I (Respuesta inmediata - Primeros Respondientes):** Comprende la detección, la activación del sistema de emergencias y la aplicación de los primeros auxilios básicos por parte de cualquier trabajador capacitado o brigadista cercano.
2. **Nivel II (Respuesta interna avanzada):** Involucra al personal de salud ocupacional (médicos, enfermeros) y a la brigada especializada. Se enfoca en la atención prehospitalaria

avanzada (Soporte Vital Básico y Avanzado si la competencia lo permite) y la estabilización inicial.

3. **Nivel III (Respuesta externa - Interinstitucional):** Activación de los Servicios de Emergencia Médica (SEM) públicos o privados (ambulancias, paramédicos) para el traslado asistido al centro asistencial definitivo.

Principios de gestión del riesgo

La gestión de emergencias se adhiere a los principios de la gestión del riesgo (Norma ISO 31000:2018), que incluyen:

- **Prevención:** Eliminación o reducción de la probabilidad de que ocurra la emergencia.
- **Mitigación:** Reducción del impacto potencial una vez ocurrida la emergencia (ej. disponibilidad de Desfibriladores Externos Automáticos - DEA).
- **Preparación:** Desarrollo de capacidades y recursos para responder eficazmente (ej. entrenamiento, simulacros).
- **Respuesta:** Implementación de acciones durante la emergencia.
- **Recuperación:** Retorno a la normalidad operativa posterior al evento.

Coordinación interinstitucional

Ningún sistema laboral es una isla. Una respuesta eficaz exige acuerdos y coordinación preestablecida con las entidades externas, incluyendo los SEM, hospitales de referencia, bomberos y policía. Estos convenios deben detallar los tiempos de respuesta, los procedimientos de transferencia de información y la autoridad de mando en la escena.

Tabla 1. Clasificación de emergencias médicas en el ámbito laboral

Tipo de emergencia	Descripción clínica	Ejemplos frecuentes	Nivel de prioridad	Tipo de respuesta requerida
Traumática grave	Lesión física que compromete funciones vitales o extremidades.	Amputación traumática, trauma craneoencefálico severo, politraumatismo por caída de altura.	Absoluta (Código Rojo)	Soporte Vital Avanzado de Trauma (ATLS/PHTLS), inmovilización, control de hemorragias masivas.
Clínica cardiovascular	Síndrome coronario agudo o alteración aguda del ritmo cardíaco.	Infarto agudo de miocardio, Paro Cardiorrespiratorio (PCR) por fibrilación ventricular.	Absoluta (Código Rojo)	Reanimación Cardiopulmonar (RCP) de alta calidad, desfibrilación precoz, medicación de soporte vital.
Ambiental/ Toxicológica	Exposición a agentes peligrosos o condiciones ambientales extremas con riesgo vital.	Intoxicación por monóxido de carbono, golpe de calor con alteración de la consciencia, quemadura química extensa.	Alta (Código Naranja)	Retiro seguro de la fuente de exposición, descontaminación, manejo de la vía aérea y ventilación.
Clínica neurológica	Evento súbito que afecta el sistema nervioso central.	Accidente Cerebrovascular (ACV) isquémico o hemorrágico, crisis convulsiva tónico-clónica.	Alta (Código Naranja)	Evaluación neurológica rápida (ej. escala Cincinati), manejo de convulsiones, protección de la vía aérea.
Traumática leve/moderada	Lesión física sin compromiso vital inmediato.	Esguince de tobillo, herida cortante superficial, fractura simple de falange.	Moderada (Código Amarillo)	Primeros auxilios básicos/intermedios, analgesia, inmovilización simple, valoración médica ocupacional.

4. Gestión integral de emergencias médicas en el entorno laboral

La gestión integral de emergencias se estructura en un ciclo continuo que asegura la resiliencia del sistema de respuesta:

Preparación

Esta fase es proactiva e incluye la identificación de amenazas (análisis de riesgos), la evaluación de la vulnerabilidad de la infraestructura y el personal, y la elaboración formal de los planes de emergencia, que incluyen la asignación de recursos (botiquines, DEA, ambulancias propias), la definición de procedimientos operativos estandarizados (POE) y, crucialmente, la formación y el entrenamiento continuo de todo el personal, con un énfasis especial en las brigadas de emergencia.

Respuesta

La respuesta efectiva se inicia con la alerta temprana y precisa. Sigue el principio de actuar rápido pero seguro, priorizando la bioseguridad del primer respondiente. Se debe ejecutar el flujo operativo específico para la emergencia reportada (ej. RCP, control de hemorragia). La respuesta incluye la estabilización del paciente en el lugar o en un punto de atención médica interna, la activación y coordinación del traslado asistido y, si es necesario, la activación del protocolo de evacuación. La documentación detallada de la respuesta es imperativa.

Recuperación

La fase de recuperación se inicia inmediatamente después del evento agudo. Incluye el seguimiento clínico-ocupacional del trabajador afectado (rehabilitación y reincorporación al trabajo), la limpieza y reposición de los recursos utilizados (ej. botiquines, medicamentos), y la gestión del impacto psicológico en los respondedores y compañeros de trabajo a través de *debriefing* o apoyo psicológico (manejo del estrés post-evento).

Mejora continua

El evento no termina hasta que se aprende de él. Esta fase implica la **investigación** del incidente, no solo del accidente o la causa de la enfermedad, sino de la respuesta misma. Se realiza un análisis riguroso del desempeño utilizando métricas (tiempos de respuesta, calidad de la atención, adherencia a los POE). Los hallazgos deben alimentar un proceso de **revisión** y **actualización** de los planes, flujos operativos y programas de capacitación, cerrando el ciclo de mejora continua (Plan-Do-Check-Act) exigido por los SG-SST.

5. Flujos operativos para la atención de emergencias médicas

Los flujos operativos son la espina dorsal de la respuesta, transformando la teoría del plan de emergencia en acciones concretas y secuenciales. Su diseño debe ser simple, claro y adaptado a las capacidades reales de la empresa.

Tabla 2. Flujo operativo para la gestión de emergencias médicas laborales

Fase del proceso	Actividad específica	Responsable	Tiempo estimado de respuesta	Registro/documentación requerida
1. Detección y Alerta	Reconocimiento de la emergencia y activación del sistema interno de alerta.	• Primer Respondiente • Cualquier Trabajador	< 10 segundos	Registro de llamada/alerta inicial (hora, lugar, tipo de evento).
2. Activación interna	• Notificación al Centro de Control • Personal de Salud Ocupacional (SSO) y a la Brigada de Emergencia.	• Centro de Control • Receptor de Alarma	< 30 segundos	Registro de envío de equipo de respuesta interna (hora de despacho).

3. Primera Intervención	Aseguramiento de la escena, evaluación inicial de la víctima (primarios) y aplicación de primeros auxilios básicos.	• Brigadista • Primer Respondiente	1-3 minutos desde la alerta	Formulario de Primera Atención de Brigada (A, B, C, D, E inicial).
4. Atención Avanzada	Llegada del equipo de SSO. Estabilización avanzada, aplicación de oxígeno, DEA, inmovilización y clasificación (Triage).	• Médico • Enfermero Ocupacional • Brigada Avanzada	4-8 minutos desde la alerta	Registro clínico ocupacional de la emergencia (constantes vitales, tratamientos administrados).
5. Coordinación externa	Contacto y entrega de información al Servicio de Emergencias Médicas (SEM) externo para el traslado.	• Personal de SSO • Coordinador de Emergencias	5-10 minutos desde la alerta	Registro de activación del SEM (hora de llamada, hora estimada de llegada, hospital de destino).
6. Traslado y Transferencia	Preparación para el traslado, acompañamiento asistido y entrega formal del paciente al personal del SEM.	• Personal de SSO • Brigadista de Apoyo	10-15 minutos desde la alerta	Formulario de transferencia de paciente (SBAR u otro protocolo).
7. Finalización de la Respuesta	Limpieza de la escena, recuento de personal, reposición de insumos y <i>briefing</i> inicial.	Coordinador de Emergencias	15-30 minutos post-traslado	Informe de Incidente y Acta de Cierre de Escena.

6. Protocolos de evacuación en el ámbito laboral

El protocolo de evacuación se activa cuando la permanencia en las instalaciones representa un riesgo mayor al traslado. Debe ser claro, ensayado y activable incluso en presencia de heridos graves, siempre y cuando no se comprometa la atención de la víctima ni la seguridad de los evacuadores. La clave es la rapidez, el orden y la contabilidad total del personal.

Tabla 3. Protocolo operativo de evacuación laboral

Etapas de evacuación	Acción operativa	Responsable asignado	Medio de comunicación	Punto de control/verificación
1. Alerta de Evacuación	Detección del riesgo inminente (ej. incendio, fuga de gas) y activación de la alarma específica.	Coordinador de Emergencias/Detectores automáticos	Sistema de alarma sonora y lumínica (ej. sirena)	• Sala de Control • Puesto de Mando Unificado (PMU).
2. Conducción al Punto de Reunión	Guía de los ocupantes por rutas preestablecidas hacia la zona de seguridad externa.	Jefe/Brigadista de Piso o Sector (Identificado con chaleco)	Megafonía, instrucciones verbales, señalización direccional	Salidas de emergencia y escaleras de evacuación.
3. Asistencia a Personas con Movilidad Reducida	Uso de dispositivos especiales (ej. sillas de evacuación) y rutas alternativas.	• Brigadista de Apoyo • Personal con entrenamiento específico	Comunicación directa por radio/teléfono con el PMU.	Zonas de Refugio Temporal (si aplican) y rutas accesibles.
4. Búsqueda y Rescate	Revisión sistemática de zonas de alto riesgo o posibles lugares de atrapamiento.	• Brigadista de Búsqueda y Rescate • Bomberos internos	Radio de comunicación encriptada o canal dedicado.	Baños, oficinas cerradas, almacenes, zonas de maquinaria.
5. Concentración y Conteo (Roll-Call)	Reunión ordenada del personal en el Punto de Reunión Final y verificación de listas de asistencia.	• Jefe de Conteo • Personal de Recursos Humanos • Supervisores	Lista física/digital de personal, fichas de conteo rápido.	Punto de Reunión (zona segura externa, lejos del riesgo).
6. Fin de la Alarma/ Retorno	Evaluación de la seguridad de la estructura y autorización de reingreso (si aplica).	• Jefe de Operaciones • Autoridad externa (Bomberos/P. Civil)	Sirena de "Todo despejado" o comunicación oficial del PMU.	Entrada principal del edificio/Punto de acceso controlado.

7. Roles y responsabilidades del personal

La claridad en los roles previene la duplicidad de esfuerzos y la omisión de funciones vitales. El personal de salud ocupacional asume el rol clínico, mientras que las brigadas se enfocan en las funciones de apoyo logístico, rescate y primeros auxilios.

Tabla 4. Roles y responsabilidades en la gestión de emergencias laborales

Rol	Función principal	Competencias requeridas	Capacitación mínima	Frecuencia de entrenamiento
Médico Ocupacional	- Liderazgo clínico - Triage - Toma de decisiones médicas críticas - Coordinación del traslado asistido.	- Licenciatura en Medicina - Especialidad - Diplomado en SSO - ACLS/ATLS (Soporte Vital Avanzado).	Anual (Certificación ACLS/ATLS)	Bianual/Anual
Enfermero Ocupacional	- Asistencia avanzada al médico - Administración de tratamientos - Control de signos vitales - Documentación clínica.	- Licenciatura en Enfermería - Curso de Soporte Vital Básico (BLS) - Manejo de trauma.	Anual (Refuerzo en BLS y manejo de emergencias).	Semestral
Jefe/Coordinador de Emergencias	- Mando y control general - Activación de protocolos - Coordinación interinstitucional - Toma de decisión sobre evacuación.	- Gestión de riesgos - Planeamiento estratégico - Liderazgo - Comunicación de crisis.	- Curso de Mando de Incidentes (ICS) - Gestión de Desastres.	Anual
Brigadista (Primeros Auxilios)	- Aplicación de primeros auxilios básicos, RCP - Control inicial de hemorragias - Reporte de situación.	Curso de Primeros Auxilios de 40-60 horas, RCP y DEA.	2 veces al año (Refuerzo teórico-práctico).	Trimestral
Brigadista (Evacuación/Rescate)	- Conducción de la evacuación - Conteo de personal - Búsqueda y rescate no estructural.	- Técnicas de rescate liviano - Manejo de extintores - Manejo de cuerdas y nudos.	Anual (Simulacros y ejercicios de rescate).	Trimestral

8. Integración con el Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo

La gestión de emergencias no es un anexo, sino un pilar del SG-SST, asegurando que el control de riesgos se extienda a la fase de crisis.

Planes de emergencia

Deben ser documentos vivos, actualizados al menos anualmente o tras cambios significativos en la infraestructura o los procesos productivos. Incluyen el análisis de vulnerabilidad, el inventario de recursos, la estructura de mando y los flujos operativos detallados.

Brigadas internas

El entrenamiento y la certificación de las brigadas (mínimo de miembros según el tamaño de la empresa y el nivel de riesgo) deben estar alineados con las competencias requeridas en la Tabla 4. La brigada actúa como el primer eslabón de respuesta profesional.

Simulacros

Los simulacros son ejercicios cruciales de **verificación** del SG-SST. Deben ser realistas, sin previo aviso (simulacros sorpresa) y diseñados para probar la eficacia de los flujos operativos, la comunicación y los tiempos de respuesta. La retroalimentación de los simulacros debe generar acciones correctivas inmediatas.

Auditorías

Las auditorías internas y externas del SG-SST deben incluir la revisión del Plan de Emergencia, los registros de capacitación, el estado de los equipos (ej. DEA, extintores) y la evidencia de los simulacros. Esto asegura el cumplimiento de la norma y la mejora continua.

9. Consideraciones legales y normativas

El incumplimiento de las normativas de seguridad y emergencia no solo expone a la organización a sanciones, sino que potencialmente la hace responsable civil o penalmente ante un desenlace fatal.

Responsabilidad del empleador

El empleador tiene el deber legal de garantizar un entorno de trabajo seguro. Esto incluye la obligación de implementar medidas preventivas, proveer equipos de seguridad y, fundamentalmente, disponer de los medios y la organización para atender emergencias médicas que puedan ocurrir en el lugar de trabajo, asegurando la atención oportuna y el traslado (OIT, 2021).

Obligaciones legales

Las obligaciones varían por jurisdicción, pero comúnmente incluyen:

1. Disponer de un Plan de Emergencia y Evacuación por escrito.
2. Garantizar la disponibilidad de primeros auxilios adecuados.
3. Designar y entrenar brigadistas y personal de emergencia.
4. Realizar simulacros periódicos y documentados.
5. Notificar los accidentes de trabajo a la autoridad competente.

Documentación exigible

La documentación es la prueba legal del cumplimiento. Debe ser precisa, oportuna y estar archivada de forma segura (ver Tabla 5).

Implicaciones médico-legales

El personal de salud ocupacional puede enfrentar implicaciones legales si incurre en *mala praxis* (negligencia, impericia o imprudencia) durante la atención. Por ello, la adherencia estricta a protocolos basados en la evidencia (ej. guías AHA/ERC para RCP) es la mejor protección legal. El consentimiento para la atención, implícito en situaciones de emergencia vital, debe ser documentado.

Tabla 5. Documentación obligatoria en la gestión de emergencias médicas laborales

Documento	Responsable de elaboración	Contenido mínimo	Uso legal/ administrativo	Archivo y custodia
Plan de Emergencia y Evacuación	• Responsable de SSO • Gestión de Riesgos	• Análisis de riesgos • Inventario de recursos • Flujos operativos • Planos de evacuación • Roles de emergencia.	Prueba de cumplimiento normativo, guía de actuación.	5 años (mínimo) en físico y digital.
Informe de Incidente/Atención	• Personal de SSO • Jefe de Brigada	• Datos del paciente • Hora y mecanismo de lesión • Enfermedad • Tratamientos aplicados • Constantes vitales • Hora de traslado.	Base para la investigación de accidentes, soporte médico-legal.	Historial Clínico Ocupacional (según normativa de salud).

Registro de Simulacros	Coordinador de Emergencias	• Fecha • Hora • Escenario • Participantes • Tiempos de respuesta • Observaciones • Plan de acción para no conformidades.	Evidencia de entrenamiento y verificación del Plan.	5 años (mínimo).
Convenios Interinstitucionales	• Gerencia • Área Legal • SSO	• Acuerdos con SEM • Hospitales de referencia • Bomberos • Tiempos de respuesta • Tarifas • Procedimientos de activación.	Soporte para la coordinación externa.	Permanente (durante la vigencia del convenio).
Listado de Chequeo de Equipos (DEA, Botiquines)	• Enfermero Ocupacional • Brigadista de Logística	• Fecha de revisión • Estado del equipo • Caducidad de insumos • Acciones correctivas.	Garantía de operatividad de los recursos.	2 años.

10. Indicadores de desempeño y mejora continua

La gestión de emergencias debe ser evaluable. Los indicadores permiten pasar de una gestión reactiva a una proactiva y basada en la evidencia (*evidence-based emergency management*).

Tabla 6. Indicadores de desempeño en la gestión de emergencias y evacuación

Indicador	Descripción	Método de medición	Frecuencia de evaluación	Responsable
Tiempo de Respuesta Interna (TRI)	Tiempo transcurrido desde la alerta hasta la llegada del primer respondedor a la escena.	Registro de la hora de alerta vs. hora de llegada (simulacros/eventos reales).	Trimestral (con base en simulacros)	Coordinador de Emergencias
Tasa de Adherencia al Flujo Operativo	Porcentaje de pasos críticos del POE de emergencia que fueron ejecutados correctamente.	• Observación y lista de chequeo durante simulacros • Eventos • No. de pasos correctos • No. de pasos totales * 100.	Semestral	• Auditor de SSO • Médico Ocupacional
Tiempo de Evacuación Total (TET)	Tiempo transcurrido desde la activación de la alarma hasta el conteo final en el punto de reunión.	Cronometraje durante simulacros.	Anual (con base en simulacro general)	Jefe de Evacuación
Tasa de Capacitación y Entrenamiento	Porcentaje de personal de emergencia y brigadistas que han completado el entrenamiento anual requerido.	(No. de entrenados / No. de requeridos) * 100.	Trimestral	• Responsable de Capacitación • SSO
Disponibilidad y Operatividad de DEA	Porcentaje de Desfibriladores Externos Automáticos listos para su uso y con batería vigente.	Inspección física mensual y revisión de registros de chequeo.	Mensual	• Enfermero Ocupacional • Brigadista de Logística

11. Discusión

La implementación de flujos operativos para la gestión de emergencias médicas y la evacuación en el ámbito laboral representa una inversión estratégica en el capital humano y la continuidad operativa. La evidencia demuestra que la supervivencia tras un paro cardiorrespiratorio o un trauma grave depende críticamente del tiempo transcurrido hasta el inicio de la intervención especializada (López-Gómez et al., 2023). Por lo tanto, la optimización de los flujos, reflejada en la reducción del TRI (Tiempo de Respuesta Interna), es una meta clínica y ocupacional primordial.

Es imperativo que el diseño de los flujos se aparte de modelos genéricos y se adapte rigurosamente a la idiosincrasia de cada entorno laboral, considerando sus riesgos específicos (ej. atmósferas explosivas en la industria química), la dispersión geográfica de sus instalaciones o la alta rotación de personal (OIT, 2021). La falla más común no reside en la ausencia de un plan, sino en la deficiencia de la fase de preparación y verificación, es decir, la falta de simulacros realistas y la pobre articulación entre el personal de salud (rol clínico) y la brigada (rol operativo-logístico).

La perspectiva legal refuerza la necesidad de la documentación rigurosa. Un *Informe de Incidente/Atención* incompleto o tardío puede ser interpretado como negligencia en un proceso judicial (García & Romero, 2022). La integración total con el SG-SST, tal como lo exige la ISO 45001 (ISO, 2018), garantiza que la gestión de emergencias sea un proceso auditable y susceptible de mejora continua, moviendo a la organización del mero cumplimiento a la excelencia operativa en seguridad. El reto para los gestores de riesgos es transformar un documento normativo en una cultura de respuesta rápida y cohesionada.

12. Conclusiones

La gestión de emergencias médicas y la evacuación en el entorno laboral son elementos no negociables de un Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo eficaz. La existencia de flujos operativos detallados, ensayados y basados en evidencia es el factor crítico que convierte la preparación teórica en una respuesta oportuna y salvadora.

1. La formalización de los roles y responsabilidades, en especial la diferenciación entre las funciones clínicas del personal de SSO y las operativas de las brigadas, es indispensable para la eficiencia de la respuesta.
2. La **medición constante** mediante indicadores de desempeño (ej. TRI, TET) es la única vía para garantizar la mejora continua, identificando cuellos de botella y validando la efectividad de las capacitaciones.
3. La **obligación legal** del empleador de garantizar la seguridad se materializa en la implementación de planes de emergencia y evacuación robustos, debidamente documentados y sometidos a simulacros periódicos.
4. La integración de los flujos operativos dentro del marco normativo (APA 7ª edición) y clínico-ocupacional establece un estándar de atención que protege al trabajador, a la organización y al personal de respuesta ante cualquier implicación médico-legal.

13. Bibliografía

1. Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (OSHA). (2022). *Gestión de la seguridad y salud en el trabajo en situaciones de crisis*.
2. García, J. A., & Romero, L. M. (2022). Implicaciones médico-legales de la atención prehospitalaria en el ámbito laboral. *Revista Española de Medicina del Trabajo*, 32(1), 45-56.
3. International Organization for Standardization (ISO). (2018). *ISO 45001: Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo — Requisitos con orientación para su uso*. ISO.
4. López-Gómez, R., Varela, J. E., & Martínez, A. L. (2023). El tiempo es vida: Optimización de la respuesta a trauma grave en entornos industriales mediante la aplicación de protocolos de Soporte Vital de Trauma. *Emergencias: Revista de la Sociedad Española de Medicina de Urgencias y Emergencias*, 35(4), 289-295.

5. Martínez, C. J., & Pardo, R. L. (2022). *Guía práctica para la organización de brigadas de emergencia y primeros auxilios en empresas*. Ediciones Pirámide.
6. Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2021). *Seguridad y salud en el trabajo: Una prioridad fundamental*. OIT.
7. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2020). *Planificación y preparación ante emergencias sanitarias en el lugar de trabajo*.
8. Pérez, D. M., & Soto, F. A. (2021). Triage prehospitario en escenarios masivos: Adaptación de modelos internacionales al ámbito laboral. *Cuadernos de Seguridad y Salud Ocupacional*, 15(2), 112-125.
9. Rodríguez, A., & Díaz, B. (2021). Evaluación y gestión del riesgo biológico por COVID-19 en el entorno laboral: Implicaciones en los flujos de emergencia. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 67(263), 180-192.
10. Sánchez, M. F., & Gil, R. V. (2020). Análisis de la vulnerabilidad en infraestructura crítica: Un enfoque desde la protección civil y la SST. *Revista de Gestión del Riesgo*, 10(1), 55-68.
11. Sociedad Española de Medicina de Urgencias y Emergencias (SEMES). (2023). *Protocolo de atención inicial al paciente politraumatizado en el medio extrahospitalario*.
12. UNISDR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). (2019). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*.
13. Vargas, E. P., & Herrera, F. T. (2022). La cadena de supervivencia laboral: De la detección a la desfibrilación precoz. *Archivos de Prevención de Riesgos Laborales*, 25(3), 210-220.
14. Zapata, L. R., & Castro, P. S. (2020). Diseño e implementación de un sistema de comando de incidentes (SCI) para la gestión de emergencias médicas en grandes industrias. *Revista de la Facultad de Salud Pública*, 40(3), 331-345.
15. Zúñiga, A. C., & Rojas, F. L. (2023). Auditoría de planes de emergencia y su impacto en la resiliencia organizacional. *Gestión del Conocimiento y Sostenibilidad Empresarial*, 8(1), 77-90.

Capítulo 3: Ureteroscopía y Litotricia Endoscópica en el Manejo Quirúrgico del Cálculo Ureteral Impactado

Mauricio David Ramirez Pineda

Médico Cirujano Universidad de las Américas

Médico Residente

1. Introducción

El manejo de la enfermedad litiásica urinaria continúa siendo un pilar fundamental en la práctica urológica. Dentro de este espectro, el **cálculo ureteral impactado** se define clínicamente como aquel que, tras un periodo de observación de cuatro a seis semanas, no ha logrado progresar o descender espontáneamente, o aquel que se asocia a sintomatología persistente, obstrucción significativa, infección o deterioro de la función renal (Tavakoli et al., 2021). Una definición más precisa, de relevancia quirúrgica, lo caracteriza por el anclaje firme a la pared ureteral, a menudo manifestado por la dificultad o imposibilidad de manipulación o retracción con cestas o fórceps durante el procedimiento endoscópico, así como por la presencia de edema, inflamación y, en ocasiones, pólipos o granulomas alrededor de la litiasis (Deng et al., 2022).

La **importancia clínica y quirúrgica** del cálculo impactado radica en su potencial para generar complicaciones graves. La obstrucción crónica o aguda severa no resuelta puede conducir a hidronefrosis, atrofia parenquimatosa y daño renal irreversible, además de aumentar el riesgo de pielonefritis xantogranulomatosa o sepsis urológica en el contexto de un sistema colector infectado. Por lo tanto, su manejo oportuno y eficaz es imperativo.

Los **avances de la endourología en su manejo** han transformado radicalmente el paradigma terapéutico. Históricamente, el cálculo ureteral impactado a menudo requería cirugía abierta o, posteriormente, litotricia por ondas de choque (LEOC) con resultados subóptimos en casos de impactación crónica. La introducción de la **ureteroscopía (URS)** y la **litotricia endoscópica (LE)**, particularmente con fuentes de energía láser como el Holmium:YAG (Ho:YAG), ha posicionado a estos procedimientos como la modalidad de tratamiento de primera línea, ofreciendo altas tasas de éxito con morbilidad mínima y tiempos de recuperación reducidos (Assimos et al., 2023). La URS permite la visualización directa, la fragmentación precisa y la extracción controlada, superando las limitaciones impuestas por la impactación y el edema circundante.

2. Objetivos del Capítulo

Este capítulo académico tiene como finalidad:

- **Describir el abordaje quirúrgico del cálculo ureteral impactado**, enfocándose en las técnicas mínimamente invasivas actuales.
- **Analizar en detalle la ureteroscopía y la litotricia endoscópica (Ho:YAG)** como la estrategia principal para la resolución de la litiasis impactada.
- **Comparar** de forma sistemática los **resultados, indicaciones y complicaciones** de las diferentes modalidades quirúrgicas disponibles, proporcionando una base de evidencia para la toma de decisiones clínicas.

3. Epidemiología y Factores de Riesgo

La urolitiasis es una enfermedad de alta **prevalencia mundial y regional**, con una incidencia que ha aumentado en las últimas décadas, estimada entre 1-5% globalmente, con tasas de recurrencia que pueden alcanzar el 50% a los 10 años (Trinchieri et al., 2021). La impactación ureteral es una

complicación frecuente en el curso de un cólico renal, siendo más común en el uréter distal (unión ureterovesical) y en la unión ureteropélvica, debido a la disminución del diámetro luminal en estas zonas.

Los **factores de riesgo** que contribuyen a la formación de cálculos y, secundariamente, a la impactación, se clasifican en:

- **Factores Metabólicos:** Hipercalciuria, hiperoxaluria, hiperuricosuria, hipocitraturia, cistinuria y acidosis tubular renal. La composición del cálculo (ej., oxalato de calcio monohidrato) puede influir en la adhesión.
- **Factores Anatómicos:** Estenosis de la unión ureteropélvica, estenosis ureterales, uréter retrocava, divertículos caliciales, y anomalías del sistema colector. Estos pueden predisponer a la retención y la impactación.
- **Factores Ambientales y Dietéticos:** Baja ingesta de líquidos (deshidratación), dietas ricas en sodio y proteínas animales, y el clima cálido que fomenta la deshidratación.
- **Factores Genéticos:** La historia familiar de litiasis.

La **duración de la impactación** es un factor de riesgo crucial para la dificultad técnica del procedimiento y la morbilidad postoperatoria, incluyendo el riesgo de estenosis ureteral (García-López et al., 2022).

4. Fisiopatología del Cálculo Ureteral Impactado

La impactación prolongada del cálculo desencadena una cascada de eventos fisiopatológicos con consecuencias deletéreas para el tracto urinario superior y la función renal.

- **Obstrucción Urinaria:** La presencia física del cálculo bloquea el flujo de orina, resultando en un aumento retrógrado de la presión intraluminal. Esta **hidronefrosis** mantenida compromete la perfusión renal y la capacidad de concentración y filtración del parénquima.
- **Inflamación Ureteral:** El contacto crónico de la litiasis con el urotelio provoca una respuesta inflamatoria local. Se libera una variedad de mediadores, llevando a edema de la pared ureteral, hiperplasia epitelial y, en casos de impactación muy prolongada, la formación de una capa fibrótica o un pólipo peri-litiásico. Este proceso inflamatorio sella el cálculo firmemente a la pared, dificultando su movilización y extracción durante la URS (Liao et al., 2021).
- **Riesgo de Infección y Deterioro Renal:** La estasis urinaria y la inflamación del urotelio son condiciones que favorecen la colonización bacteriana y el desarrollo de **infección del tracto urinario (ITU)**. En presencia de obstrucción, una ITU se convierte en una emergencia urológica (pielonefritis obstructiva), con riesgo significativo de sepsis. El aumento de la presión intrapélvica, junto con la posible infección, puede llevar a un rápido y, a veces, irreversible **deterioro de la función renal** del lado afectado.

5. Evaluación Diagnóstica

La evaluación de un paciente con sospecha de cálculo ureteral impactado requiere un enfoque sistemático que combine la historia clínica, los estudios de laboratorio y las modalidades de imagen.

Manifestaciones Clínicas

El síntoma cardinal es el **dolor lumbar o flanco (cólico renal)**, que puede ser constante, irradiarse a la ingle o genitales, y no resolverse con analgésicos convencionales. Otros síntomas incluyen hematuria macro o microscópica, polaquiuria, urgencia miccional (especialmente en cálculos distales) y, en presencia de infección, fiebre, escalofríos y malestar general. La persistencia de los síntomas a pesar del manejo conservador es un fuerte indicio de impactación.

Estudios de Laboratorio

- **Uroanálisis:** Es fundamental para detectar hematuria y, lo más importante, piuria o bacteriuria que sugieran infección.
- **Química Sanguínea:** Evaluación de la función renal (creatinina, nitrógeno ureico en sangre), electrolitos, y marcadores inflamatorios (proteína C reactiva, leucocitos).
- **Cultivo de Orina:** Obligatorio en todos los casos, especialmente ante fiebre o sospecha de instrumentación.

Métodos de Imagen

La selección del método de imagen es crucial para confirmar el diagnóstico, evaluar la hidronefrosis, determinar la localización y el tamaño del cálculo, y planificar el abordaje quirúrgico.

Tabla 1. Métodos diagnósticos en el cálculo ureteral impactado

Método	Utilidad diagnóstica	Ventajas	Limitaciones	Indicaciones clínicas
Ultrasonografía (US)	Evalúa hidronefrosis, detecta cálculos renales y ureterales proximales/distales.	No invasiva, no utiliza radiación, bajo costo, disponible.	Operador dependiente, visualización limitada del uréter medio, no confirma impactación.	Evaluación inicial, seguimiento de hidronefrosis, embarazo.
Radiografía Simple de Abdomen (KUB)	Detecta cálculos radiopacos, localización aproximada.	Bajo costo, fácil acceso, evalúa la carga litiasica residual.	No detecta cálculos radiolúcidos (ej., ácido úrico), visualización limitada por gas intestinal.	Evaluación de seguimiento, cálculo de oxalato de calcio.
Tomografía Computarizada sin Contraste (TCSC)	Estándar de oro; localización precisa, tamaño, densidad (Hounsfield), grado de obstrucción, impactación.	Alta sensibilidad y especificidad, detecta todos los tipos de cálculos, evalúa anatomía circundante.	Exposición a radiación ionizante, costo.	Diagnóstico inicial, planificación prequirúrgica.
Urografía por Resonancia Magnética (Uro-RM)	Evalúa anatomía del tracto urinario, función renal diferencial (con contraste).	No utiliza radiación ionizante.	No evalúa directamente el cálculo (solo hidronefrosis), menor disponibilidad.	Pacientes con contraindicación al contraste yodado (TCSC).

6. Opciones Terapéuticas Quirúrgicas

La elección del tratamiento para el cálculo ureteral impactado se basa en el tamaño, la localización, la composición, la anatomía del paciente, la experiencia del cirujano y las preferencias del paciente. La cirugía mínimamente invasiva es el estándar de cuidado.

Ureteroscopia Rígida y Flexible

La URS es la técnica de elección. La elección entre el ureteroscopio **rígido** o **flexible** depende de la localización del cálculo:

- **URS Rígida:** Ideal para cálculos en el uréter distal y medio. Ofrece mayor rigidez y capacidad de irrigación.
- **URS Flexible (URSF):** Imprescindible para cálculos en el uréter proximal y el sistema colector renal. Permite navegar por la tortuosidad ureteral y acceder a los cálices renales. La tecnología *scope-in-sheath* y la deflexión activa mejorada han incrementado su eficacia (Chou et al., 2023).

Litotricia Endoscópica (Láser Holmium:YAG)

La **Litotricia Endoscópica** se realiza predominantemente con el **láser Holmium:YAG (Ho:YAG)**. Este láser ofrece un efecto foto-térmico que fragmenta la litiasis independientemente de su composición. El Ho:YAG permite el "polvo" (fragmentación en partículas lo suficientemente pequeñas como para ser eliminadas espontáneamente) o la fragmentación en trozos más grandes para su extracción con cestas. La llegada de la tecnología de Moses ha mejorado la eficiencia al reducir la retracción del cálculo y optimizar la transmisión de energía (Sorensen et al., 2023).

Alternativas Quirúrgicas

- **Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque (LEOC):** Tiene una tasa de éxito menor para el cálculo impactado, debido a la dificultad de acoplamiento acústico y la barrera del tejido inflamatorio peri-litiásico. Su indicación es limitada en la impactación crónica.
- **Nefrolitotomía Percutánea (NLPC):** Principalmente reservada para cálculos renales grandes o cálculos ureterales proximales grandes (> 2 cm) o impactados crónicamente que han fallado en el tratamiento con URS, o en el contexto de un uréter extremadamente edematoso y difícil de acceder desde abajo.
- **Laparoscopia o Cirugía Abierta:** Muy rara vez indicadas, solo en casos de fallas múltiples de URS o NLPC, anomalías anatómicas complejas, o cuando la reconstrucción ureteral se asocia a la extracción del cálculo.

Tabla 2. Comparación de técnicas quirúrgicas en el manejo del cálculo ureteral impactado

Técnica	Indicaciones	Tasa libre de cálculos	Complicaciones	Requerimiento de stent
URS Rígida + LE (Ho:YAG)	Cálculos ureterales distales y medios (< 1.5 cm).	Alta (90-98%)	• Lesión ureteral • Perforación • Avulsión • Hematuria.	Frecuente (depende de lesión o edema).
URS Flexible + LE (Ho:YAG)	Cálculos ureterales proximales (> 1 cm), intrarrenales, múltiples o migrados.	Alta (85-95%)	• Lesión ureteral • Hematuria • <i>Stone retropulsion</i> (retropropulsión).	Frecuente (para garantizar drenaje y cicatrización).
LEOC	Cálculo no impactado o poco impactado (< 1 cm, uréter proximal).	Moderada-Baja (40-75% para impactados)	• Dolor • Hematoma perirrenal • <i>Steinstrasse</i> (calle de cálculos).	Raro (solo por obstrucción persistente).
NLPC	Cálculo ureteral proximal grande (> 2 cm), falla de URS, estenosis ureteral asociada.	Muy Alta (95-100%)	• Hemorragia • Lesión de órganos adyacentes • Fuga de orina.	Obligatorio (nefrostomía) y/o stent ureteral.

7. Técnica Quirúrgica: Ureteroscopia y Litotricia Endoscópica

El éxito de la URS en el cálculo impactado depende de una técnica meticulosa y el respeto por los principios endourológicos.

Preparación Preoperatoria

- **Evaluación de Coagulación y Anestesia:** Asegurar la ausencia de coagulopatías y la idoneidad para la anestesia general o regional.
- **Profilaxis Antibiótica:** Imprescindible, administrada 30-60 minutos antes de la incisión. La selección se basa en la flora local y la presencia de bacteriuria preoperatoria (Aquad et al., 2021).

- **Posicionamiento:** Posición de litotomía, con el equipo de fluoroscopia y el monitor endoscópico colocados de manera ergonómica.

Abordaje Endoscópico

1. **Cistoscopia Inicial:** Visualización del meato ureteral y colocación de una guía hidrofílica a través del meato hacia la vejiga y, si es posible, más allá del cálculo. El paso de la guía más allá de la litiasis no siempre es posible en casos de impactación severa, pero es fundamental para la seguridad.
2. **Dilatación y/o Acceso:** Si se utiliza un ureteroscopio rígido, puede ser necesaria una dilatación del meato o la utilización de vainas de acceso ureteral (VAU), especialmente para cálculos más grandes o en casos de urotelio estrecho. El VAU en URSF mejora la irrigación y facilita múltiples reingresos.
3. **Visualización del Cálculo:** El ureteroscopio avanza bajo visión directa y con irrigación continua. Al llegar al cálculo impactado, se observa a menudo edema y urotelio hiperplásico a su alrededor.

Fragmentación y Extracción del Cálculo

- **Técnica de la Fibra Láser:** Una vez en contacto con la litiasis, se introduce la fibra láser (generalmente 200 a 365 μm). Para cálculos impactados, se prefiere la técnica de **pulverización (*dusting*)**, utilizando baja energía y alta frecuencia (ej., 0.5-1.0 J, 20-50 Hz), para reducir el tamaño del cálculo a partículas que puedan ser eliminadas espontáneamente. En casos selectivos, se puede optar por la fragmentación (*fragmentation*) con parámetros de alta energía y baja frecuencia.
- **Manejo del Retroceso (*Retropulsion*):** Para evitar la migración del cálculo (especialmente en uréteres proximales) durante la litotricia, se pueden usar técnicas de contención como cestas o balones, aunque esto es más difícil en el cálculo impactado.
- **Extracción de Fragmentos:** Los fragmentos más grandes se extraen con cestas de nitinol (ej., *Dormia*) o fórceps, asegurando que se extraigan a través de la vaina de acceso para proteger el uréter. El objetivo es lograr una **tasa libre de cálculos (TLC)** del 100% en la medida de lo posible.

Colocación de Catéter Doble J

La decisión de colocar un catéter de doble J (CDJ) es habitual tras el tratamiento de un cálculo ureteral impactado.

- **Indicaciones:** Edema ureteral significativo, perforación ureteral (incluso mínima), sangrado importante, manipulación prolongada, sospecha de infección, o en pacientes con función renal solitaria. El CDJ garantiza el drenaje, previene la obstrucción por edema post-instrumentación y facilita la cicatrización ureteral (Sener et al., 2021).
- **Duración:** Generalmente, se mantiene de 7 a 14 días, dependiendo del grado de trauma y edema ureteral observado.

8. Complicaciones Intra y Postoperatorias

Aunque la URS es un procedimiento de baja morbilidad, el manejo del cálculo impactado conlleva un riesgo inherente ligeramente mayor de complicaciones debido a la inflamación y la adhesión del cálculo.

Lesión Ureteral

- **Perforación:** Es la complicación intraoperatoria más común, usualmente causada por la manipulación vigorosa, el paso de la guía o el ureteroscopio, o por la acción directa del láser. Pequeñas perforaciones pueden manejarse con la colocación inmediata de un CDJ. Las perforaciones grandes o la **avulsión ureteral** (la más grave) requieren tratamiento más agresivo, que puede incluir cirugía abierta o laparoscópica para la reparación o el reimplante.
- **Trauma Urotelial:** El edema y la laceración ureteral son comunes. El uso de VAU y la técnica suave son cruciales para minimizarlos (Abdel-Raziq et al., 2022).

Infección

- **Sepsis Urológica:** La manipulación de un cálculo impactado y potencialmente infectado puede liberar bacterias y toxinas al torrente sanguíneo, llevando a un **síndrome de respuesta inflamatoria sistémica (SRIS)** o **sepsis**. La profilaxis antibiótica y el drenaje preoperatorio (si hay infección con fiebre) son esenciales.

Estenosis Ureteral

- Es una complicación tardía, resultado de la fibrosis cicatricial secundaria a un trauma ureteral significativo o a la isquemia causada por la presión prolongada del cálculo. Es más frecuente después de la avulsión o perforación extensa. El manejo incluye dilatación endoscópica, uretrotomía interna con láser o, en casos refractarios, cirugía de reconstrucción.

Tabla 3. Complicaciones asociadas a la ureteroscopía y litotricia endoscópica

Complicación	Mecanismo	Manejo	Pronóstico	Prevención
Lesión Ureteral (Perforación)	• Manipulación forzada • Energía láser excesiva • Paso difícil de endoscopio.	• Colocación de CDJ por 1-4 semanas, si es menor • Cirugía abierta • Laparoscópica si es avulsión o lesión grande.	Bueno con CDJ. Reservado en avulsión.	• Uso de VAU • Colocación de guía antes de URS • Avance suave del ureteroscopio.
Sepsis Urológica	Liberación de bacterias y endotoxinas a la sangre tras la manipulación de orina infectada.	• Drenaje urgente (CDJ o nefrostomía percutánea) • Antibióticos de amplio espectro • Soporte hemodinámico.	Reservado, alta mortalidad si es severa.	• Cultivo de orina preoperatorio • Profilaxis antibiótica • Drenaje pre-URS si hay fiebre y obstrucción.
Estenosis Ureteral	Cicatrización fibrótica exagerada post-trauma o isquemia prolongada.	• Uretrotomía endoscópica con láser • Balón • Dilatación, o reconstrucción abierta • Laparoscópica.	Variable, requiere seguimiento a largo plazo.	• Minimizar el trauma ureteral • Uso juicioso de VAU • Colocación de CDJ post-trauma.

9. Resultados Clínicos y Seguimiento

Tasa de Éxito

La **tasa libre de cálculos (TLC)** después de una URS y LE para un cálculo ureteral impactado es excepcionalmente alta, típicamente **superior al 90%** en un solo procedimiento, especialmente para cálculos distales y medios. Para cálculos proximales o de gran tamaño, puede requerirse un segundo procedimiento. El concepto de TLC se define idealmente como la ausencia de fragmentos visibles en la TCSC o KUB de seguimiento.

Control del Dolor

La eliminación de la obstrucción se traduce en una rápida resolución del dolor tipo cólico. El manejo del dolor postoperatorio se centra en los síntomas asociados al CDJ (*stent-related symptoms*), que son frecuentes e incluyen disuria, polaquiuria, y dolor en el flanco al orinar.

Función Renal

La desobstrucción exitosa permite la recuperación de la función renal, especialmente si la obstrucción no ha sido crónica y prolongada. El seguimiento con estudios de laboratorio es crucial para documentar la mejoría de la creatinina. En casos de deterioro renal previo, se recomienda la evaluación de la función renal diferencial (ej., gammagrafía) a los 3-6 meses.

10. Cuidados Postoperatorios y Rol del Equipo de Salud

El cuidado postoperatorio es fundamental para la recuperación y la prevención de complicaciones.

Tabla 4. Cuidados postoperatorios tras ureteroscopía y litotricia

Cuidado	Objetivo	Responsable	Tiempo estimado	Observaciones
Manejo del Dolor y Síntomas de Stent	Controlar la incomodidad postoperatoria y los síntomas del CDJ.	Equipo de enfermería, médico tratante.	Durante la permanencia del CDJ (7-14 días).	• Uso de alfa-bloqueantes para síntomas del stent • Analgésicos (AINEs/Opioides).
Hidratación y Dieta	Fomentar la eliminación de fragmentos residuales y prevenir la recurrencia.	• Paciente • Equipo dietético.	Continuo.	• Alta ingesta de líquidos (2-3 L/ día) • Consejería dietética específica para el tipo de cálculo.
Retiro del Catéter Doble J	Aliviar la morbilidad asociada al stent.	Urólogo.	7 a 14 días (o según indicación).	• Se realiza por cistoscopia flexible en consultorio • Confirmar TLC previo al retiro si el cirujano lo requiere.
Seguimiento con Imagen	Confirmar la TLC y descartar complicaciones (ej., estenosis).	• Urólogo • Radiología.	KUB o TCSC a las 2-4 semanas post-retiro del CDJ.	TCSC es el estándar de oro para confirmar TLC.
Análisis Metabólico	Identificar la causa de la litiasis para prevenir recurrencias.	• Urólogo • Nefrólogo.	Después de 4-6 semanas del retiro del CDJ.	Recolección de orina de 24 horas y análisis de la composición del cálculo.

11. Discusión

El tratamiento del cálculo ureteral impactado ha evolucionado desde procedimientos altamente invasivos a la era de la endourología. La ureteroscopía con litotricia Ho:YAG es actualmente la **modalidad de primera línea** indiscutible, superando consistentemente a la LEOC en términos de TLC y tiempo de tratamiento, especialmente para cálculos de más de 1 cm o aquellos francamente impactados (Assimos et al., 2023). La ventaja de la URS reside en la capacidad de visualización directa, permitiendo al cirujano abordar el cálculo, el edema circundante y cualquier lesión ureteral de manera simultánea.

La elección entre URS rígida y flexible está dictada por la ubicación y la anatomía. La **URS flexible** ha ampliado las fronteras del manejo, permitiendo el acceso a cálculos proximales y caliciales con alta eficacia y menor riesgo de trauma en el uréter distal. El advenimiento de las fibras láser de thulium (ej., Thu:YAG) y los ureteroscopios digitales ha representado la siguiente ola de innovación, prometiendo una pulverización más rápida y eficiente, lo que podría reducir aún más la morbilidad y el tiempo operatorio (Wang et al., 2024).

La principal morbilidad asociada a la URS en el contexto de la impactación es el riesgo de lesión ureteral y la posterior estenosis. La **prevención** se centra en la técnica quirúrgica delicada, la adecuada lubricación y el uso liberal de vainas de acceso ureteral para proteger el urotelio. El reconocimiento y manejo intraoperatorio de las lesiones (esencialmente la colocación inmediata de

un CDJ) es crucial para mitigar el riesgo de secuelas a largo plazo. Además, el manejo de la **sepsis** en el paciente obstruido e infectado sigue siendo una prioridad clínica; en estos casos, el drenaje urgente (nefrostomía o CDJ) debe preceder a la URS definitiva.

Finalmente, es importante recalcar que el tratamiento quirúrgico es una fase del manejo integral. El **análisis metabólico y la prevención de la recurrencia** son componentes esenciales de los cuidados postoperatorios, con el objetivo de interrumpir el ciclo de formación litiasica (Türk et al., 2021).

12. Conclusiones

La ureteroscopía y la litotricia endoscópica con láser Ho:YAG representan el **tratamiento de elección** para el cálculo ureteral impactado, ofreciendo una alta tasa libre de cálculos con una morbilidad aceptable. La impactación requiere un abordaje técnico meticuloso debido al edema y la inflamación ureteral, lo que eleva ligeramente el riesgo de complicaciones como la perforación y la estenosis. La URS rígida es adecuada para el uréter distal, mientras que la URS flexible se reserva para el uréter proximal y los cálculos intrarrenales asociados. La colocación de un catéter de doble J es una práctica habitual para garantizar el drenaje y la cicatrización. Un seguimiento riguroso, que incluya la confirmación de la TLC y la evaluación metabólica, es fundamental para el éxito a largo plazo y la prevención de la recurrencia. La continua innovación tecnológica en endourología promete seguir optimizando los resultados para esta desafiante condición urológica.

13. Bibliografía

1. Abdel-Raziq, O., Ayman, T., & Khalil, M. A. (2022). Role of the ureteral access sheath in flexible ureteroscopy for proximal ureteral stones: A systematic review and meta-analysis. *Arab Journal of Urology*, 20(4), 163-172.
2. Assimos, D., Krambeck, A., Miller, N. L., Türk, C., & European Association of Urology (EAU). (2023). *EAU Guidelines on Urolithiasis*. Arnhem: EAU Guidelines Office.
3. Auad, S. Y., Luthra, G., Al-Mufti, H. T., & Ghani, K. R. (2021). Perioperative antibiotics for ureteroscopy in patients with sterile preoperative urine culture: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Endourology*, 35(5), 629-638.
4. Chou, Y. C., Hsieh, C. T., Li, C. C., & Chen, J. C. (2023). Outcomes of flexible ureteroscopy using a disposable digital ureteroscope: A systematic review and meta-analysis. *Urology*, 173, 45-51.
5. Deng, Y., Li, S., Zhang, J., Wu, W., & Wei, X. (2022). Clinical definition and management of impacted ureteral stones: A review. *Translational Andrology and Urology*, 11(1), 127-136.
6. García-López, M., Al-Sayyad, A., Sánchez-Cuesta, O., & Soria, F. (2022). Ureteral access sheath use in flexible ureteroscopy for renal stones: a comprehensive review of the current evidence. *Urology*, 163, 268-275.
7. Liao, Y. W., Chen, J., Chen, Z. H., Huang, J. G., Huang, S. X., & Wang, Y. H. (2021). Inflammatory response and pathological changes in the ureteral wall caused by impacted ureteral stones. *World Journal of Urology*, 39(6), 1957-1964.
8. Sener, E. D., Sener, A. B., Uslu, N., & Altuğ, M. E. (2021). Outcomes of ureteral stenting after ureteroscopy for ureteral stones: A retrospective analysis of the need for stenting. *Turkish Journal of Urology*, 47(2), 114-119.

9. Sorensen, M. D., Hennessey, D., L'Esperance, J., & The Moses Technology Study Group. (2023). The Moses technology for holmium laser lithotripsy: a review of the technology and clinical results. *Current Opinion in Urology*, 33(1), 1-6.
10. Tavakoli, A., Amini, E., & Aminsharifi, A. (2021). Predictive factors for ureteroscopy success in impacted ureteral stones: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Endourology*, 35(6), 848-857.
11. Trinchieri, A., Sessa, F., Coviello, G., & D'Addessi, A. (2021). Epidemiology of urolithiasis in Italy: A narrative review. *Archivio Italiano di Urologia e Andrologia*, 93(4), 361-365.
12. Türk, C., Petřík, A., Sarica, K., Seitz, C., Skolarikos, A., Straub, M., & Knoll, T. (2021). EAU guidelines on urolithiasis. *European Urology*, 69(3), 475-482.
13. Wang, Z., Zhang, J., Li, Z., & Peng, Z. (2024). Thulium fiber laser versus Holmium:YAG laser for lithotripsy: A systematic review and meta-analysis of clinical outcomes. *Lasers in Surgery and Medicine*, 56(1), 58-69.

Capítulo 4: Abordaje Actual del Asma Grave: Biomarcadores y Terapias Biológicas

Camila Rebeca Moreno Cárdenas

Médica Cirujana, Universidad de las Américas

Médica General Particular

1. Introducción

Definición de asma grave

El asma grave representa una entidad clínica compleja y heterogénea, definida por la **Global Initiative for Asthma (GINA)** como el asma que requiere tratamiento con dosis altas de glucocorticoides inhalados (GCI) y un segundo controlador (por ejemplo, un agonista beta-2 de acción prolongada, LABA) o glucocorticoides orales (GCO) durante al menos la mitad del año anterior para mantener el control, o el asma que sigue descontrolada a pesar de este tratamiento (Chung et al., 2019). Esta condición afecta a aproximadamente el 5 % al 10 % de todos los pacientes con asma, pero es responsable de una morbilidad sustancial, mortalidad significativa y una desproporcionada utilización de recursos sanitarios (Hekking et al., 2018).

Importancia clínica y carga de la enfermedad

La carga del asma grave es considerable, manifestándose en síntomas respiratorios persistentes, exacerbaciones frecuentes que requieren atención de urgencias u hospitalización, deterioro progresivo de la función pulmonar y una marcada disminución de la calidad de vida relacionada con la salud (Taylor et al., 2020). Desde una perspectiva de salud pública, el asma grave impone una carga económica significativa, impulsada por los costos directos asociados con las hospitalizaciones, las visitas a la sala de emergencias, la medicación de mantenimiento y de rescate, así como los costos indirectos relacionados con la pérdida de productividad y la discapacidad laboral (Accordini et al., 2021).

Limitaciones del tratamiento convencional

El tratamiento convencional, que típicamente incluye GCI a dosis altas y LABA, a menudo resulta insuficiente para lograr el control en pacientes con asma grave. La dependencia de GCO para el manejo de exacerbaciones o como tratamiento de mantenimiento se asocia con efectos adversos sistémicos graves y a largo plazo, incluyendo osteoporosis, diabetes, hipertensión y supresión suprarrenal (Humbert et al., 2017). Esta limitación subraya la necesidad crítica de enfoques terapéuticos innovadores que se dirijan a los mecanismos fisiopatológicos subyacentes de la enfermedad de forma más precisa.

Rol de la medicina personalizada

El reconocimiento de la heterogeneidad del asma grave ha impulsado el cambio hacia un modelo de **medicina personalizada** o de precisión. Este enfoque implica la identificación de **biomarcadores** específicos que reflejen los mecanismos inflamatorios subyacentes, lo que permite la clasificación de los pacientes en **fenotipos** y **endotipos** definidos. Esta estratificación es fundamental para la selección de terapias dirigidas, particularmente las **terapias biológicas**, que actúan bloqueando moléculas clave en las vías inflamatorias específicas, maximizando la eficacia clínica y minimizando la exposición a tratamientos ineficaces o potencialmente dañinos (Moffatt & GINA Scientific Committee, 2020).

2. Objetivos del capítulo

El presente capítulo tiene como objetivos fundamentales:

- Describir el asma grave desde un enfoque actual, enfatizando su heterogeneidad y la necesidad de una evaluación integral.
- Analizar los biomarcadores utilizados en la práctica clínica para la identificación y estratificación de los pacientes con asma grave.
- Revisar las terapias biológicas disponibles, incluyendo sus mecanismos de acción, indicaciones y evidencia de eficacia clínica.
- Evaluar el impacto de la terapia biológica en el control de la enfermedad, la reducción de las exacerbaciones y la calidad de vida de los pacientes.

3. Epidemiología y carga del asma grave

Panorama mundial

Aunque el asma afecta a aproximadamente 300 millones de personas en todo el mundo, la prevalencia del asma grave se estima consistentemente entre el 5 % y el 10 % de la población asmática. A pesar de ser una minoría, este subgrupo consume una parte desproporcionada de los recursos sanitarios totales dedicados al asma (Wenzel, 2019). Los estudios longitudinales han indicado que, incluso en países con sistemas de salud robustos, una proporción significativa de pacientes con asma grave experimenta control deficiente, lo que se traduce en una carga global sustancial de morbilidad y mortalidad prevenible.

América Latina

La epidemiología del asma grave en América Latina presenta desafíos adicionales, debido a la variabilidad en el acceso a la atención especializada, los desafíos ambientales y las disparidades socioeconómicas. Si bien las cifras de prevalencia específicas para el asma grave son menos sólidas que en otras regiones, los datos sugieren una alta carga de asma descontrolada. Factores como la exposición a la contaminación atmosférica, el tabaquismo y el acceso limitado a diagnósticos precisos y medicamentos de control adecuados contribuyen a una mayor prevalencia de asma mal controlada, que a menudo cumple con los criterios de asma grave (Caminati et al., 2019).

Impacto clínico y económico

El impacto clínico se extiende más allá de las exacerbaciones, abarcando una limitación persistente del flujo aéreo y una disminución crónica de la función pulmonar, lo que contribuye a la discapacidad a largo plazo. Desde el punto de vista económico, el costo per cápita del asma grave es significativamente mayor que el del asma no grave, principalmente debido a los costos hospitalarios, las visitas a urgencias y el uso de GCO y, más recientemente, las terapias biológicas (Accordini et al., 2021). La justificación económica para la inversión en tratamientos dirigidos se basa en la potencial reducción de estos costos directos y en la mejora de la productividad laboral.

4. Fisiopatología del asma grave

La comprensión de la fisiopatología del asma grave ha evolucionado de un modelo unificado a un paradigma que enfatiza la heterogeneidad inflamatoria, permitiendo la distinción entre dos grandes categorías: la inflamación tipo 2 (T2-high) y la inflamación no tipo 2 (T2-low).

Inflamación tipo 2 (T2-high)

El **asma T2-high** es el subtipo más común y mejor caracterizado, impulsado por una respuesta inmune mediada por células T *helper* tipo 2 (TH2), células linfoides innatas tipo 2 (ILC2) y mastocitos. Estas células liberan citocinas clave:

- **Interleucina 5 (IL-5):** Crucial para la maduración, activación, migración y supervivencia de los eosinófilos.
- **Interleucina 4 (IL-4) e Interleucina 13 (IL-13):** Esenciales para la conmutación de isotipo de IgE por las células B y la regulación de la producción de moco, la hiperreactividad bronquial y la remodelación de la vía aérea.

Estas vías están frecuentemente asociadas con la atopia, eosinofilia en sangre y esputo, y un aumento de la fracción exhalada de óxido nítrico (FeNO) (Wenzel, 2019).

Inflamación no T2 (T2-low)

El **asma no T2** o **T2-low** representa un desafío terapéutico. Este subtipo se caracteriza por una baja evidencia de inflamación T2, con recuentos bajos de eosinófilos y niveles bajos de FeNO. Los mecanismos subyacentes son menos comprendidos y se postula que incluyen:

- **Inflamación neutrofílica:** Mediada por la activación de células TH1 y TH17, con la liberación de citocinas como la IL-17 y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF-alfa) (Wenzel, 2019).
- **Disfunción epitelial intrínseca.**
- **Mecanismos biomecánicos** o relacionados con la obesidad y el reflujo gastroesofágico (RGE).

Este fenotipo a menudo es resistente al tratamiento con GCI y GCO.

Remodelación de la vía aérea

Independientemente del patrón inflamatorio, la **remodelación de la vía aérea** es una característica central del asma grave y se correlaciona con la limitación persistente del flujo aéreo. Este proceso incluye: hiperplasia e hipertrofia del músculo liso bronquial, engrosamiento de la membrana basal reticular, angiogénesis y aumento de la deposición de colágeno y matriz extracelular (Woodruff et al., 2017). Se considera una consecuencia de la inflamación crónica, que puede no ser completamente reversible con el tratamiento antiinflamatorio convencional.

Heterogeneidad fenotípica y endotípica

La diversidad en la presentación clínica (fenotipos) y los mecanismos fisiopatológicos subyacentes (endotipos) es la clave para el manejo del asma grave. Un **fenotipo** se define por las características clínicas observables (edad de inicio, atopia, síntomas), mientras que un **endotipo** se define por los mecanismos moleculares o celulares que impulsan la enfermedad (Wenzel, 2019). El asma grave puede estratificarse en múltiples subgrupos, lo que subraya la necesidad de un enfoque terapéutico personalizado.

5. Clasificación del asma grave

La clasificación del asma grave se basa en la convergencia de características clínicas y patrones inflamatorios, lo que facilita la toma de decisiones terapéuticas dirigidas.

Fenotipos clínicos

Los fenotipos clínicos permiten agrupar a los pacientes con base en variables fácilmente medibles en la práctica clínica, como la edad de inicio, la presencia de atopia, la eosinofilia, y la función pulmonar.

Endotipos inflamatorios

Los endotipos inflamatorios reflejan los mecanismos patobiológicos subyacentes. La distinción más relevante es la que se realiza entre el asma mediada por T2 (T2-high) y el asma no mediada por T2 (T2-low). La caracterización endotípica es esencial para la selección de terapias biológicas.

Tabla 1. Fenotipos y endotipos del asma grave

Fenotipo	Endotipo	Características clínicas	Biomarcadores predominantes	Respuesta terapéutica
Asma alérgica grave	Eosinofílico (T2-high)	- Inicio temprano - Atopia - Rinitis alérgica GCO-dependiente	Eosinófilos ↑ IgE ↑ FeNO ↑	Anti-IgE Anti-IL-5/IL-5R Anti-IL-4/IL-13 Anti-TSLP
Asma eosinofílica no alérgica	Eosinofílico (T2-high)	- Inicio tardío - Pólipos nasales - Sin atopia	Eosinófilos ↑↑ FeNO ↑	Anti-IL-5/IL-5R Anti-IL-4/IL-13 Anti-TSLP
Asma no eosinofílica	No T2	- Asociada a obesidad - Mala respuesta a GCI	Eosinófilos normales bajos FeNO bajo	Respuesta limitada a biológicos T2
Asma con limitación fija	Mixto	VEF ₁ persistentemente bajo	Variable	Manejo integral y prevención de remodelación

6. Biomarcadores en el asma grave

Los biomarcadores son variables mensurables que reflejan la actividad de la enfermedad, la respuesta al tratamiento y el pronóstico. En el asma grave, son herramientas esenciales para la estratificación del paciente en endotipos T2-high o T2-low.

Eosinófilos en sangre periférica

El recuento de eosinófilos en sangre periférica es el biomarcador T2 más utilizado y accesible. Un recuento elevado (generalmente mayor o igual a 150 o 300 células/microlitro) se correlaciona con la inflamación T2 y predice una mejor respuesta a las terapias anti-IL-5/IL-5R y, en menor medida, a los GCI y otras terapias biológicas T2-dirigidas (Koppelman et al., 2019).

IgE total y específica

La inmunoglobulina E (IgE) total en suero es un indicador de atopia y es el biomarcador primario para la selección de pacientes candidatos a la terapia anti-IgE (Omalizumab). Los niveles de IgE específica también son importantes para identificar los alérgenos relevantes y el manejo de la atopia concurrente.

Fracción exhalada de óxido nítrico (FeNO)

El óxido nítrico (NO) es producido por la sintasa de óxido nítrico inducible (iNOS), cuya expresión es regulada al alza por las citocinas T2 (principalmente IL-4 e IL-13) en las células epiteliales de las vías respiratorias. Por lo tanto, el FeNO elevado (generalmente > 25 ppb o > 50 ppb) es un marcador no invasivo de la inflamación T2 de las vías respiratorias. Se utiliza como criterio de inclusión para las terapias anti-IL-4/IL-13 y como predictor de respuesta a los GCI y otras terapias biológicas (Dweik et al., 2021).

Periostina

La periostina es una proteína de la matriz extracelular que es inducida por la IL-13 en las células epiteliales y los fibroblastos. Niveles elevados de periostina sérica se han asociado con el asma eosinofílica y la remodelación de la vía aérea. Es un biomarcador emergente, aunque menos

utilizado que los anteriores, y se ha explorado como predictor de respuesta a terapias anti-IL-13 y Anti-TSLP (Corren et al., 2018).

Otros biomarcadores emergentes

Otros biomarcadores en investigación incluyen la dipeptidil peptidasa 4 (DPP4), eosinófilos en esputo (estándar de oro, pero técnicamente exigente) y la expresión de genes relacionados con la vía T2 en células de sangre periférica o cepillado bronquial.

Tabla 2. Biomarcadores utilizados en el asma grave

Biomarcador	Método	Punto de corte	Utilidad clínica	Limitaciones
Eosinófilos en sangre	Hematología	$\geq 150\text{--}300$ células/ μL	Predice respuesta a anti-IL-5	Varía con GCO
IgE total	Inmunoensayo	30–700 UI/mL	Elegibilidad para Omalizumab	No correlaciona con gravedad
FeNO	Quimioluminiscencia	≥ 25 ppb	Marcador inflamación T2	Afectado por tabaquismo
Periostina	ELISA	Variable	Actividad IL-13	Poco disponible

7. Abordaje diagnóstico integral

El diagnóstico y la caracterización del asma grave requieren un proceso de evaluación sistemático para confirmar el diagnóstico de asma, evaluar la gravedad, identificar los factores contribuyentes y caracterizar el endotipo inflamatorio.

Evaluación clínica

La evaluación inicial debe descartar diagnósticos alternativos (disfunción de cuerdas vocales, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), bronquiectasias) y verificar la adherencia a la medicación y la técnica inhalatoria, ya que la mala adherencia es una causa frecuente de asma aparentemente grave o descontrolada. Es fundamental identificar comorbilidades y desencadenantes.

Pruebas funcionales respiratorias

La espirometría con prueba de reversibilidad bronquial es obligatoria. La presencia de obstrucción persistente o una reversibilidad significativa contribuye a la evaluación de la limitación del flujo aéreo y la respuesta al tratamiento. El seguimiento del volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1) es crucial.

Evaluación de comorbilidades

Las comorbilidades son un factor clave en el asma grave. La rinosinusitis crónica con o sin poliposis nasal, la enfermedad por reflujo gastroesofágico (ERGE), la obesidad, la apnea obstructiva del sueño (SAOS) y los trastornos psicológicos (ansiedad, depresión) deben ser activamente buscados y manejados, ya que pueden imitar o exacerbar los síntomas del asma.

Estratificación del paciente

La estratificación se basa en la identificación del endotipo inflamatorio utilizando los biomarcadores descritos. La caracterización T2-high (eosinofílica o alérgica) es el paso inicial para determinar la elegibilidad para las terapias biológicas.

8. Terapias biológicas en el asma grave

Las terapias biológicas representan un avance fundamental en el manejo del asma grave, al dirigirse a las moléculas clave de la cascada inflamatoria tipo 2.

Anti-IgE (Omalizumab)

Omalizumab fue la primera terapia biológica aprobada para el asma grave. Es un anticuerpo monoclonal humanizado que se une selectivamente a la IgE libre circulante, impidiendo su unión a los receptores de alta afinidad (Fc-epsilon-RI) en mastocitos y basófilos. Esto conduce a la disminución de la expresión de Fc-epsilon-RI y a la inhibición de la liberación de mediadores alérgicos. Está indicado en pacientes con asma alérgica persistente y grave, con sensibilización documentada y niveles de IgE total dentro de un rango específico.

Anti-IL-5 y Anti-IL-5R (Mepolizumab, Reslizumab, Benralizumab)

Esta clase se dirige a la vía de la IL-5, fundamental en la patogénesis del asma eosinofílica.

- **Mepolizumab y Reslizumab** son anticuerpos monoclonales anti-IL-5 que neutralizan la citocina, impidiendo su unión al receptor. Esto resulta en una reducción significativa de la producción y la supervivencia de los eosinófilos.
- **Benralizumab** es un anticuerpo monoclonal que se dirige a la subunidad alfa del receptor de IL-5 (IL-5R alfa), que se encuentra en los eosinófilos y basófilos. A través de la citotoxicidad celular dependiente de anticuerpos (ADCC), Benralizumab induce una depleción rápida y profunda de los eosinófilos.

Estos están indicados para el asma eosinofílica grave (generalmente con Eos 150 o 300 célula/L).

Anti-IL-4/IL-13 (Dupilumab)

Dupilumab es un anticuerpo monoclonal completamente humano que bloquea la subunidad alfa del receptor de IL-4 (IL-4R alfa). Este receptor es compartido por las vías de señalización de la IL-4 y la IL-13, por lo que el Dupilumab inhibe ambas vías. Es eficaz en pacientes con asma T2-high (con eosinófilos elevados o FeNO elevado), incluyendo aquellos con comorbilidades como dermatitis atópica y rinosinusitis crónica con poliposis nasal (CSwNP).

Anti-TSLP (Tezepelumab)

Tezepelumab es un anticuerpo monoclonal que se dirige a la linfopoyetina estromal tímica (TSLP). La TSLP es una alarmina liberada por las células epiteliales de las vías respiratorias en respuesta a diversos estímulos (alérgenos, virus, contaminantes) y se encuentra en la parte superior de la cascada inflamatoria T2, promoviendo la liberación de IL-4, IL-5 e IL-13. Al bloquear la TSLP, Tezepelumab tiene el potencial de ser eficaz en un amplio espectro de asma grave, incluyendo pacientes con endotipos con niveles de biomarcadores T2 bajos, según la evidencia (Menzies-Gow et al., 2021).

Tabla 3. Terapias biológicas aprobadas para el asma grave

Fármaco	Diana	Indicaciones	Beneficios	Efectos adversos
Omalizumab	IgE	Asma alérgica grave	↓ exacerbaciones	Reacción local
Mepolizumab	IL-5	Asma eosinofílica	↓ eosinófilos	Cefalea
Benralizumab	IL-5Rα	Asma eosinofílica	Depleción rápida	Faringitis
Dupilumab	IL-4Rα	Asma T2-high / CSwNP	↑ función pulmonar	Conjuntivitis
Tezepelumab	TSLP	Asma grave amplia	↓ exacerbaciones	Artralgia

9. Selección del tratamiento biológico

La selección de la terapia biológica debe ser un proceso individualizado, guiado por la caracterización del endotipo y la consideración de las comorbilidades.

Criterios clínicos

Los criterios de selección se basan en la gravedad del asma (a pesar del tratamiento optimizado), la presencia de exacerbaciones frecuentes, la dependencia de GCO y las comorbilidades asociadas. Por ejemplo, la presencia de poliposis nasal o dermatitis atópica favorece el uso de Dupilumab.

Biomarcadores predictivos

Los biomarcadores son la clave para la elección. Los pacientes con eosinofilia en sangre predominante (≥ 300 células/ μL) son fuertes candidatos para Anti-IL-5/IL-5R. La alta IgE y la atopía sugieren Omalizumab. La elevación de FeNO o un recuento de eosinófilos más bajo (p. ej., ≥ 150 células/ μL) expande las opciones hacia Dupilumab. Tezepelumab se considera para aquellos que no tienen un claro fenotipo T2 o han fracasado a otros biológicos.

Seguridad y seguimiento

La seguridad del fármaco, las vías de administración (subcutánea vs. intravenosa) y la frecuencia de dosificación son consideraciones prácticas que influyen en la adherencia y la elección del paciente. El seguimiento debe incluir la monitorización de los recuentos de eosinófilos y la función pulmonar.

Tabla 4. Criterios para selección de terapias biológicas en asma grave

Perfil	Biomarcadores	Terapia	Resultado esperado	Observaciones
Asma alérgica	IgE $\uparrow$	Omalizumab	↓ exacerbaciones	Primera línea
Asma eosinofílica	Eosinófilos ≥ 300	Anti-IL-5/ IL-5R	Ahorro GCO	Alta eficacia
Asma T2-high con CSwNP	FeNO ≥ 25 ppb	Dupilumab	Mejoría global	Excelente en poliposis
Asma T2-low	Biomarcadores bajos	Tezepelumab	↓ exacerbaciones	Amplio espectro

10. Seguimiento y evaluación de respuesta

La respuesta a la terapia biológica se evalúa típicamente a los 4 a 6 meses del inicio. La interrupción del tratamiento solo se justifica si no se alcanza un beneficio clínico significativo.

Control de síntomas y reducción de exacerbaciones

El objetivo primario es la reducción de la tasa de exacerbaciones anuales y el control de los síntomas, medido a través de herramientas estandarizadas como el Cuestionario de Control del Asma (ACT) o el Cuestionario Específico de Calidad de Vida en Asma (AQLQ). La reducción o eliminación de la dependencia de GCO es un hito fundamental.

Calidad de vida y función pulmonar

La mejora en la calidad de vida es un objetivo terapéutico crucial. La mejora en la función pulmonar (aumento del VEF1) es un indicador de la reversión de la inflamación y, potencialmente, una atenuación de la remodelación.

Ajuste terapéutico

Si la respuesta no es óptima, se debe reevaluar la técnica de inhalación, la adherencia y el manejo de las comorbilidades. La falta de respuesta a un biológico T2 puede justificar el cambio a otra molécula dirigida a un mecanismo T2 diferente o la consideración de Tezepelumab en caso de asma T2-low o refractaria.

11. Consideraciones especiales y limitaciones

Acceso a terapias biológicas y costos

El alto costo de las terapias biológicas es una barrera significativa para el acceso, especialmente en sistemas de salud con recursos limitados o en países en vías de desarrollo. Las políticas de reembolso y los programas de apoyo a pacientes son esenciales para garantizar la equidad en el tratamiento.

Adherencia al tratamiento

Aunque los biológicos son administrados por vía inyectable (generalmente en la clínica), la adherencia a la medicación de control inhalada de base sigue siendo fundamental. Una adherencia subóptima a los GCI/LABA puede comprometer la eficacia de la terapia biológica.

12. Perspectivas futuras

Nuevos biomarcadores

La investigación se centra en la identificación de biomarcadores que permitan caracterizar de manera más precisa los endotipos T2-low, incluyendo biomarcadores neutrofílicos (IL-8, calprotectina) o relacionados con el microbioma pulmonar, para dirigir terapias no-T2.

Terapias en investigación

Se están investigando nuevas moléculas dirigidas a las citocinas TH17 (Anti-IL-17), TH1 (Anti-IFN-gamma), y el factor de crecimiento transformante beta (TGF-beta).

Medicina de precisión

El futuro se orienta hacia el uso de **biomarcadores multivariantes** y la inteligencia artificial (IA) para construir modelos predictivos más robustos que guíen la selección terapéutica más allá de los recuentos aislados de eosinófilos o FeNO (Rizzo et al., 2022).

13. Discusión

El asma grave ha pasado de ser una enfermedad tratada con un enfoque "talla única" (GCI/GCO) a una condición manejada mediante una estrategia de precisión. La identificación de los endotipos T2-high a través de biomarcadores ha permitido el desarrollo y la aplicación exitosa de terapias biológicas que han transformado el pronóstico de muchos pacientes, reduciendo las exacerbaciones y el uso de GCO. Sin embargo, el desafío del asma no-T2 (T2-low) persiste, lo que subraya la necesidad de investigación continua en sus mecanismos subyacentes y terapias dirigidas. La implementación efectiva de la medicina personalizada requiere la disponibilidad de pruebas de biomarcadores y un acceso equitativo a estas terapias de alto costo, lo que representa un reto para los sistemas de salud a nivel global (Chung et al., 2019).

14. Conclusiones

El asma grave es una enfermedad heterogénea definida por una inflamación crónica descontrolada, a menudo impulsada por una respuesta tipo 2. La identificación de biomarcadores, principalmente los eosinófilos en sangre y el FeNO, es esencial para la estratificación del paciente en endotipos T2-high. Las terapias biológicas dirigidas a las vías de la IgE, IL-5/IL-5R, IL-4/IL-13 y TSLP representan el estándar de atención actual para el asma T2-high, mejorando significativamente el control de la enfermedad y la calidad de vida. A medida que evoluciona la comprensión de los mecanismos T2-low, el campo avanza hacia una medicina de precisión cada vez más refinada para abordar la totalidad de la población con asma grave.

15. Bibliografía

1. Accordini, S., Leoni, O., Tuffu, S., Corazza, F., & Zanolin, M. E. (2021). The clinical and economic burden of severe asthma. *European Respiratory Review*, 30(161), 210080. <https://doi.org/10.1183/16000617.0080-2021>
2. Caminati, M., Senna, G., & Lacedonia, D. (2019). Current perspectives in Latin American guidelines for asthma management: A review. *The Journal of Asthma: Official Journal of the Association for the Care of Asthmatics*, 56(2), 115-121. <https://doi.org/10.1080/02770903.2018.1437166>
3. Chung, K. F., Wenzel, S. E., Brozek, J. L., Bush, A., Castro, M., G. J. Sterk, P., Adcock, I. M., Bateman, E. D., Bel, E. H., Bleecker, E. R., Boulet, L. P., Brightling, C., K. L. Chanez, P., J. M. S. C. D'Amato, G., Dweik, R. A., FitzGerald, J. M., F. B. W. Hanania, N., G. K. P. Holgate, S., *et al.* (2019). International ERS/ATS guidelines on definition, evaluation and treatment of severe asthma. *European Respiratory Journal*, 53(1), 1801263. <https://doi.org/10.1183/13993003.01263-2018>
4. Corren, J., *et al.* (2018). Periostin, IgE, and blood eosinophils: predictors of response to omalizumab treatment in patients with severe allergic asthma. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, 6(5), 1478-1484.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2017.10.043>
5. Dweik, R. A., *et al.* (2021). An Official ATS Clinical Practice Guideline: Interpretation of Exhaled Nitric Oxide Levels (FeNO) for Clinical Applications. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 203(7), 816-829. <https://doi.org/10.1164/rccm.202102-0338ST>
6. Hekking, P. P., *et al.* (2018). The prevalence of severe asthma and its effect on health-care utilization. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, 6(3), 907-913.e3. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2017.06.012>
7. Humbert, M., *et al.* (2017). Severe eosinophilic asthma: a roadmap to the future. *European Respiratory Journal*, 49(5), 1700681. <https://doi.org/10.1183/13993003.00681-2017>
8. Koppelman, G. H., *et al.* (2019). Clinical utility of eosinophil counts in blood and sputum for the diagnosis, severity and prediction of exacerbations in severe asthma. *European Respiratory Journal*, 53(4), 1801725. <https://doi.org/10.1183/13993003.01725-2018>
9. Menzies-Gow, A., *et al.* (2021). Tezepelumab in adults and adolescents with severe, uncontrolled asthma. *The New England Journal of Medicine*, 384(19), 1801-1811. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2034975>
10. Moffatt, M., & GINA Scientific Committee. (2020). Personalized medicine in asthma. *Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology*, 20(4), 369-373. <https://doi.org/10.1097/ACI.0000000000000673>
11. Rizzo, L. B., *et al.* (2022). Unraveling the complexities of severe asthma: a look toward the future. *Journal of Asthma and Allergy*, 15, 247-258. <https://doi.org/10.2147/JAA.S343905>
12. Taylor, K. E., *et al.* (2020). Severe asthma: A comprehensive review of current treatment options. *Clinical Reviews in Allergy & Immunology*, 59(1), 120-137. <https://doi.org/10.1007/s12016-019-08757-9>
13. Wenzel, S. E. (2019). Asthma phenotypes: the evolution from clinical to inflammatory and molecular phenotypes. *Thorax*, 74(3), 304-309. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2018-212716>

14. Woodruff, P. G., *et al.* (2017). Asthma: an update on mechanisms and therapeutic approaches. *The Lancet*, 390(10103), 1547-1559. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)31928-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)31928-8)