



ENTREGABLE N°1

Aspectos anatómicos/fisiológicos, factores de la enfermedad y análisis de prevención, diagnóstico, tratamiento y monitoreo.

Autores:

Quispe Cueva, Tatiana Abigail
Rodríguez Cruz, Ivanna Jael
Saenz Villarreal, Luciana Mercedes
Reymundo Capcha, Sebastian Adriano
Neciosup Villarreal, Jared Matias
Salazar Zárate, Alexandra Estephania



Escoliosis

Sistema afectado

Sistema musculoesquelético.

Breve descripción anatómica/fisiológica

La escoliosis es un trastorno del sistema musculoesquelético que se manifiesta como una curvatura lateral de la columna vertebral acompañada de una rotación de las vértebras, lo que genera una deformidad en tres dimensiones [1]. En condiciones normales, la columna presenta curvas fisiológicas en el plano sagital lordosis cervical y lumbar, junto con la cifosis torácica que permiten mantener la postura erguida, absorber impactos y proteger la médula espinal [2].

Cuando aparece la escoliosis, esta armonía se rompe y comienzan a notarse alteraciones en la postura, como hombros a distinta altura, desviación del eje corporal o la clásica giba costal visible al inclinarse hacia adelante [3]. Aunque en algunos pacientes los cambios son sobre todo estéticos, en otros pueden tener repercusiones funcionales. La sobrecarga sobre los músculos paravertebrales suele provocar dolor y fatiga, y en los casos más graves la deformidad torácica puede reducir la capacidad pulmonar y dificultar la respiración [4], [5].

La escoliosis puede dividirse en tres categorías principales de acuerdo con su origen. La forma idiopática es la más frecuente, ya que constituye entre el 80 y el 85 % de los casos y suele presentarse en la niñez o adolescencia sin una causa clara [1], [2]. La congénita aparece por malformaciones vertebrales presentes

desde el nacimiento y en ocasiones se asocia con otras anomalías estructurales. Finalmente, la neuromuscular surge como consecuencia de enfermedades que afectan el control muscular, como la parálisis cerebral, ciertas distrofias musculares o lesiones en la médula espinal.

En cuanto a su frecuencia, se calcula que la escoliosis afecta a alrededor del 3 % de la población pediátrica y adolescente, con mayor incidencia entre los 10 y 15 años [4], [5]. Además, las mujeres no solo presentan más casos, sino que tienden a desarrollar curvas de mayor magnitud.

El diagnóstico se establece mediante una exploración clínica y se confirma a través de estudios radiográficos. El ángulo de Cobb es la medida de referencia utilizada para cuantificar la desviación de la columna y orientar las decisiones terapéuticas [2], [3].

Aspectos clínicos y manejo de la escoliosis

La etiología de la escoliosis varía de acuerdo con el tipo. La forma idiopática, que constituye la mayoría de los casos, no tiene una causa definida, aunque se ha descrito la participación de factores genéticos, biomecánicos y hormonales [1]. En la congénita, el origen se relaciona con defectos en la formación de las vértebras durante la etapa fetal, mientras que la neuromuscular se asocia a enfermedades que alteran el tono muscular y el control postural, como la parálisis cerebral, algunas distrofias musculares o lesiones de la médula espinal [B]. Además, en la idiopática se ha documentado cierta



predisposición familiar, lo que sugiere un componente hereditario [1].

En cuanto a los signos y síntomas, la escoliosis suele iniciar de manera silenciosa, sin dolor en las fases tempranas. Generalmente se identifica por asimetrías visibles en la postura, como desnivel en hombros o caderas, prominencia escapular o desviación del eje de la columna. A medida que la curvatura progresa, pueden aparecer molestias musculares y alteraciones en la alineación corporal. En los casos más severos, la deformidad torácica puede comprometer la función pulmonar e incluso, en situaciones poco comunes, la cardíaca [4].

El diagnóstico comienza con la exploración clínica, que incluye la maniobra de Adams en la que el paciente se inclina hacia adelante para evidenciar la giba costal y se confirma mediante estudios radiográficos. El ángulo de Cobb, medido en proyecciones anteroposteriores, es el estándar para cuantificar la magnitud de la desviación. Curvas menores de 20° suelen vigilarse, mientras que desviaciones mayores de 45–50° constituyen indicación quirúrgica [3]. Hoy en día también se utilizan herramientas complementarias, como escáneres tridimensionales y sistemas de seguimiento digital mediante telemedicina [2].

El tratamiento depende tanto de la severidad de la curva como del potencial de crecimiento del paciente. En casos leves, se opta por la observación periódica y programas de fisioterapia. Cuando la curvatura está entre 25 y 40 grados en pacientes en crecimiento, se recomienda el uso de corsé ortopédico, cuya eficacia

aumenta si se utiliza más de 18 horas al día [2]. Si el cuadro es grave o no responde al manejo conservador, la cirugía es la opción indicada. La artrodesis espinal posterior con implantes metálicos continúa siendo la técnica de referencia, aunque procedimientos menos invasivos como el *tethering* vertebral están en fase de evaluación [1].

Respecto a la prevención, no existen medidas específicas para evitar la aparición de escoliosis idiopática. Sin embargo, la detección temprana es clave: se aconsejan revisiones durante la adolescencia, en especial en niñas y en pacientes con antecedentes familiares [5]. La educación en higiene postural y el fortalecimiento de la musculatura mediante actividad física también favorecen la salud de la columna.

Pronóstico, complicaciones y avances en el manejo de la escoliosis

El pronóstico de la escoliosis está condicionado por varios factores: el tipo de escoliosis, la magnitud de la curva en el momento del diagnóstico, la edad del paciente y su grado de madurez ósea [1]. En términos generales, las curvaturas leves que se identifican de manera temprana y reciben un tratamiento conservador adecuado incluyendo ejercicios y el uso constante del corsé presentan una evolución favorable [2], [3]. Por el contrario, cuando la curva progresa sin intervención, pueden aparecer complicaciones que afectan tanto la apariencia física como la función del organismo.



Entre las complicaciones más frecuentes se encuentra la progresión de la deformidad durante la adolescencia, etapa de crecimiento acelerado que aumenta el riesgo de desequilibrio postural. Esto puede dar lugar a asimetrías marcadas en el tronco, rotación costal y pérdida de la alineación corporal. En fases avanzadas, las deformidades torácicas comprometen la capacidad respiratoria, disminuyendo el volumen pulmonar y generando restricción ventilatoria. En casos graves, esta condición puede causar disnea en esfuerzos moderados e incluso insuficiencia respiratoria crónica. Además, la sobrecarga sobre músculos y articulaciones vertebrales favorece el dolor persistente y la degeneración precoz, con mayor probabilidad de desarrollar artrosis lumbar. En adultos con curvas no tratadas, se observa una reducción significativa en la capacidad funcional y en la autonomía para las actividades cotidianas [4].

En cuanto a los avances en el manejo, se han desarrollado tecnologías que buscan mejorar el seguimiento clínico y la adherencia al tratamiento. Una de las principales limitaciones del control tradicional es la necesidad de realizar radiografías repetidas, lo que conlleva exposición a radiación y molestias para el paciente. Para minimizarlo, se han implementado métodos alternativos como escáneres tridimensionales, sistemas de visión computarizada y sensores portátiles capaces de registrar la postura en tiempo real, los cuales pueden integrarse en plataformas de telemedicina para un seguimiento remoto más cómodo [2], [5].

De manera paralela, la inteligencia artificial se perfila como una herramienta

prometedora. Algoritmos de aprendizaje automático permiten analizar imágenes y datos clínicos para identificar patrones de riesgo y anticipar la progresión de la curva, facilitando intervenciones más tempranas y personalizadas [1]. Estas innovaciones no solo optimizan el monitoreo, sino que también fomentan la adherencia terapéutica mediante retroalimentación en tiempo real y técnicas de gamificación dirigidas a pacientes jóvenes. En un futuro cercano, la integración de tecnologías no invasivas, telemedicina y modelos predictivos podría transformar la forma de diagnosticar y tratar la escoliosis, reduciendo complicaciones y mejorando la calidad de vida de quienes la padecen [3].

Reflexión Ingenieril

Uno de los problemas más grandes en el control de la escoliosis es que todavía se depende mucho de las radiografías para medir la progresión de la curva. Esto implica que los pacientes, en su mayoría adolescentes, tengan que exponerse varias veces a la radiación y además acudir con frecuencia al hospital. A la larga, esto puede ser incómodo, costoso y hasta riesgoso por la acumulación de estudios. Creo que aquí hay una necesidad clara: contar con formas de seguimiento más prácticas y menos invasivas que ayuden tanto a los médicos como a los pacientes.

Además, la tecnología biomédica tiene mucho que aportar en este tema. Se pueden desarrollar alternativas como sensores portátiles, aplicaciones móviles o escáneres 3D que permitan medir la postura y detectar cambios sin necesidad de rayos X constantes. Incluso la



inteligencia artificial podría ayudar a predecir si la curva va a empeorar y avisar a tiempo para intervenir. No se trata de reemplazar el tratamiento, sino de facilitar el monitoreo y mejorar la adherencia, sobre todo en jóvenes que muchas veces no usan el corsé el tiempo recomendado. Con estas herramientas se podría lograr un control más cómodo, seguro y personalizado de la escoliosis.

Amputaciones

Sistema afectado

Sistema musculoesquelético.

Breve descripción anatómica/fisiológica

Anatómicamente, una amputación es la eliminación quirúrgica de un segmento corporal que deja un muñón [6]. Esta puede llevarse a cabo en miembros superiores e inferiores como brazos, manos, piernas, pies o dedos. Asimismo, se pueden extraer partes como la mama, testículos, orejas, nariz o lengua [7]. Este tipo de operaciones, al ser menos común reciben un nombre específico. Fisiológicamente, las alteraciones de los nervios periféricos se manifiestan como sensaciones dolorosas de espasmos en un miembro fantasma reflejan la tensión muscular de un miembro residual, lo cual se conoce como dolor del miembro fantasma [8]. Adicionalmente, la marcha se ve afectada en el individuo amputado puesto que si su musculatura vertebral no está fortalecida, puede adoptar hábitos posturales perjudiciales para sí mismo a largo plazo [9].

Factores de riesgo principales

Los factores de riesgo se pueden dividir según la zona corporal que es amputada. En el caso de los miembros inferiores, un estudio concluyó que aproximadamente 115000 personas que tienen una amputación anualmente, el 65% de ellos fueron diagnosticados previamente de diabetes mellitus y el 75%, enfermedad arterial periférica; convirtiendo a estas los factores de riesgo principales [10]. Por otro lado, las amputaciones de miembros superiores se deben en su mayoría por traumatismos severos, con un porcentaje del 80% [11]. Sin embargo, otros factores incluyen cáncer, infecciones, quemaduras y deformaciones congénitas [11].

Manifestaciones en clínicas más relevantes

Después de una amputación, una de las manifestaciones más importantes es el dolor fantasma presentándose en el 85% de los amputados. Por otro lado, estudios como en [12] demuestran que estos pacientes tienen una menor autoestima frente a un grupo control, lo que afecta severamente su salud mental.

Una amputación implica la pérdida de una parte del cuerpo, y según su gravedad puede afectar severamente la calidad de vida del paciente. En primer lugar, el impacto psicológico es considerable; por ejemplo, en el caso de las mujeres sometidas a mastectomía, se reporta que el 38% desarrolló depresión y el 32% ansiedad [13]. A ello se suma la dimensión funcional y social, donde el uso de una prótesis, aunque representa una inversión significativa para el individuo, se



asocia a una mejor calidad de vida. De hecho, la puntuación media del PCS fue notablemente mayor en usuarios de prótesis en comparación con quienes no las utilizan ($68,2 \pm 15,5$ frente a $59,9 \pm 12,8$, respectivamente) [14]. Finalmente, las repercusiones también alcanzan el ámbito laboral: de acuerdo con [15], hasta el 82% de los amputados perdieron su empleo.

Prevención, diagnóstico, tratamiento y monitoreo

Prevención

Debido a las diversas posibles causas de una amputación, las medidas de prevención son variadas. En general, toda la población debe asistir a un chequeo anual que incluya el área oncológica para poder evitar el desarrollo de tumores cuya extirpación pueda significar una amputación. Para aquellas personas que padecen de diabetes, es esencial evitar el desarrollo de una úlcera utilizando el calzado apropiado y examinar regularmente el pie que podría estar en riesgo [16]. En caso de haber desarrollado una úlcera, lo apropiado es acatar lo que recomienda el doctor para evitar que llegue a sepsis y se tengan que tomar medidas como la amputación. Asimismo, la adopción de hábitos de vida saludable contribuye a reducir la incidencia de enfermedades vasculares y metabólicas asociadas a amputaciones.

Diagnóstico

Puesto que las amputaciones no son una enfermedad como tal, estas no requieren de un diagnóstico, sino que son una medida que un profesional de la salud

llega a tomar en caso de ser necesario para salvar la vida de una persona. Esta puede ser necesaria debido a una infección severa, trauma grave o una deformación que impida el movimiento o la funcionalidad del miembro [6].

Tratamiento y monitoreo

Tras la cirugía de amputación es necesario que el paciente pase por un proceso de rehabilitación postoperatoria, desensibilización y la aplicación continua de apósitos blandos o rígidos para reducir el dolor y moldear el muñón. También se deben realizar ejercicios continuos para mejorar la fuerza muscular y asegurar que el amputado pueda realizar las actividades de la vida diaria de forma independiente. Además, es necesario el manejo de la herida limpia o del edema del muñón para prevenir problemas asociados con el uso de la prótesis [17]. En lo que respecta al dolor del miembro fantasma, existen numerosos métodos de tratamiento que han demostrado ser efectivos, desde farmacoterapia sistémica no invasiva hasta la neuromodulación más invasiva, como la estimulación de la médula espinal [18]. Adicionalmente, existen opciones terapéuticas para el manejo del dolor como la terapia de espejo [19]. Como método de monitoreo, actualmente existen métodos limitados [20]. Sin embargo, se está incorporando un sensor que es utilizado en *smartwatches*, el acelerómetro, con el objetivo de monitorear comportamientos tales como la marcha, sentarse, pisar y recostarse, de pacientes con amputaciones de miembros inferiores [20].



Reflexión ingenieril

Como se mencionó anteriormente, la tecnología empleada para el monitoreo de pacientes con amputaciones en miembros inferiores es limitada. Es importante monitorear adecuadamente la marcha y las actividades diarias del usuario de la prótesis con el objetivo de protegerlo de posibles lesiones o accidentes. Si bien el dispositivo descrito previamente es útil para aspectos generales del día a día, este no brinda una retroalimentación directa al paciente ni a su médico, la cual podría ser sumamente necesaria.

Artritis

Sistema afectado

Sistema musculoesquelético

Breve descripción anatómica/fisiológica

La artritis es una inflamación aguda o crónica de las articulaciones, estructuras donde dos o más huesos se unen y que permiten el movimiento. Se manifiesta principalmente con dolor, rigidez, inflamación, disminución del rango de movimiento y, en casos avanzados, deformidad articular. Existen más de 100 tipos distintos de artritis, cada uno con mecanismos fisiopatológicos y abordajes de tratamiento diferentes.

El sistema principalmente afectado es el musculoesquelético. En condiciones normales, los extremos de los huesos dentro de una articulación están recubiertos por cartílago articular, un tejido resistente y liso que actúa como amortiguador y lubricante, facilitando el movimiento sin fricción. Cuando aparece

la artritis, este equilibrio se rompe: en la osteoartritis, por ejemplo, el desgaste progresivo del cartílago conduce a roce entre huesos, dolor y limitación funcional; mientras que en la artritis reumatoide, una respuesta inmune anormal desencadena inflamación crónica de la membrana sinovial que daña tanto el cartílago como el hueso.

En general, ya sea por procesos degenerativos, inflamatorios, cristalinos o infecciosos, la artritis altera la anatomía y fisiología articular. El resultado es una pérdida progresiva de la función, lo que impacta de forma significativa la movilidad, la autonomía y la calidad de vida de las personas que la padecen.

Además de su efecto clínico, la artritis representa un importante problema de salud pública, ya que es una de las principales causas de discapacidad en adultos y adultos mayores. Su naturaleza crónica implica no solo dolor y limitaciones físicas, sino también repercusiones emocionales y sociales, dado que puede afectar la capacidad laboral, la independencia y la participación en actividades cotidianas. Por ello, constituye una enfermedad de gran relevancia médica y social.

Factores y análisis de la enfermedad

La artritis es una enfermedad multifactorial cuyo desarrollo está influenciado por distintos factores de riesgo. La edad es uno de los principales factores, ya que el riesgo aumenta con el envejecimiento debido al desgaste natural de las articulaciones y a la disminución en la capacidad de regeneración del cartílago.



El sexo también juega un papel importante, pues algunas formas como la artritis reumatoide son más frecuentes en mujeres. Asimismo, la predisposición genética incrementa la probabilidad de presentar la enfermedad en personas con antecedentes familiares. Otros factores relevantes son el sobrepeso y la obesidad, que añaden una carga excesiva sobre articulaciones como rodillas y caderas, así como lesiones articulares previas, entre otros. Finalmente, ciertos hábitos y condiciones ambientales, como el tabaquismo o actividades laborales de alto impacto, también se relacionan con un mayor riesgo de desarrollar artritis.

Las manifestaciones clínicas de la artritis son variadas, aunque suelen compartir síntomas comunes. El dolor articular crónico es una característica fundamental, con diferencias según el tipo de artritis: en la osteoartritis empeora con la actividad física y al final del día, mientras que en la artritis inflamatoria suele ser más intenso en las mañanas. La rigidez articular, especialmente tras el reposo nocturno, es otro signo característico que limita la movilidad. A estos síntomas se suma la inflamación local, acompañada de calor y enrojecimiento en la articulación afectada. Con el tiempo, la enfermedad conduce a una pérdida progresiva del rango de movimiento y, en fases avanzadas, a deformidad articular visible, lo que compromete la función y la estética. En formas inflamatorias sistémicas como la artritis reumatoide, pueden añadirse manifestaciones generales como fatiga, fiebre baja y compromiso de otros órganos.

El impacto funcional de la artritis en la vida diaria es considerable. Las limitaciones físicas dificultan actividades básicas como caminar, subir escaleras, vestirse, cocinar o manipular objetos pequeños. Esta pérdida de funcionalidad afecta la autonomía de la persona y puede limitar su capacidad laboral, incrementando la dependencia de apoyos familiares o dispositivos de asistencia. Además, el dolor crónico y la discapacidad progresiva tienen consecuencias emocionales importantes, como ansiedad, depresión o aislamiento social. De este modo, la artritis no solo representa un reto médico, sino también un problema social y económico de gran magnitud.

Prevención, diagnóstico, tratamiento y monitoreo

Prevención

La heredabilidad de algunos tipos de artritis, tales como artritis reumatoide (AR) y psoriasis, que son autoinmunes, se encuentra en porcentajes del 50 al 70%. Sin embargo, estudios con gemelos mostraron una concordancia relativamente baja, en la que solo del 12 al 15% de los gemelos monocigóticos comparten AR [23]. Esto indica que existen otros factores que podrían desencadenar la respuesta autoinmune. Algunas conductas que están asociadas negativamente con la artritis, y por lo tanto deberían ser evitadas, son fumar y tomar [23, 24]. Además, modificaciones dietéticas teniendo en cuenta el potencial inflamatorio o la calidad de la dieta sugieren un beneficio para individuos con alto riesgo de AR [24]. En el caso de enfermedades como la osteoartritis, un tipo de artritis



degenerativa, la prevención es similar a lo mencionado previamente. No obstante, es esencial adquirir hábitos beneficiosos como al momento de ejercitar usar el equipamiento correcto, usar el cinturón de seguridad y hacer chequeos continuos con médicos [21].

Diagnóstico

Un diagnóstico temprano facilita al médico el manejo de la enfermedad y evita que esta se agrave [25]. Para un diagnóstico correcto se tienen en cuenta factores como un examen articular, reacción de fase aguda, duración de los síntomas y la serología, es decir, el estudio de anticuerpos [26].

Tratamiento

Usualmente, se combina el tratamiento no farmacológico con uno farmacológico para optimizarlo. El primero incluye terapia física, acupuntura, ejercicios específicos y bajar de peso [22]. Estos dos últimos demuestran una relación dosis-respuesta entre la magnitud de la pérdida de peso y la mejoría de los síntomas [27]. El segundo se enfoca en medicamentos vía oral y medicamentos antiinflamatorios no esteroides tópicos (AINE) tales como corticoides, que son un medicamento de primera línea, la duloxetina, para pacientes que tienen contraindicaciones médicas para los AINE [22].

Monitoreo

El seguimiento lo hace principalmente un reumatólogo con visitas cada 3 a 6 meses que consisten en preguntar sobre síntomas respiratorios nuevos o progresivos [28]. Estas citas pueden ser tanto presenciales

como virtuales, en general se ha reportado una alta participación con las herramientas para el monitoreo remoto en la artritis crónica [29].

Reflexión ingenieril

La artritis presenta desafíos en prevención, diagnóstico temprano, tratamiento y monitoreo. Aunque existen factores de riesgo conocidos, aún persisten limitaciones en la detección precoz y en la adherencia a estrategias preventivas y terapéuticas. El seguimiento actual, basado en consultas presenciales o telemedicina, depende mucho de la percepción del paciente.

Desde la ingeniería biomédica surge la necesidad de desarrollar tecnologías accesibles que permitan un monitoreo remoto, continuo y objetivo de la enfermedad, integrando tanto parámetros fisiológicos como síntomas reportados, para mejorar la comunicación con el médico y favorecer el cumplimiento del tratamiento.

Parálisis Cerebral (PC)

Sistema afectado

Principalmente el sistema neurológico, con repercusiones en el sistema musculoesquelético y la comunicación.

Breve descripción anatómica/fisiológica

La parálisis cerebral es un grupo de trastornos motores permanentes originados por una lesión no progresiva en el cerebro en desarrollo durante la etapa prenatal, perinatal o postnatal temprana. Se caracteriza por alteraciones en el control



del movimiento y la postura, están frecuentemente asociadas a comorbilidades neurológicas como epilepsia, déficits sensoriales y cognitivos, así como alteraciones musculoesqueléticas secundarias [30], [31].

Factores y análisis de la enfermedad (factores de riesgo principales)

- Prenatales: infecciones congénitas, restricción del crecimiento intrauterino, alteraciones genéticas, malformaciones cerebrales.
- Perinatales: prematuridad extrema, bajo peso al nacer, asfixia perinatal, hemorragia intraventricular, encefalopatía hipóxico-isquémica.
- Postnatales: meningitis, encefalitis, traumatismos craneoencefálicos, accidentes vasculares cerebrales infantiles [31].

Manifestaciones clínicas más relevantes

- Alteraciones motoras persistentes: espasticidad (la más frecuente), distonía, ataxia o movimientos involuntarios.
- Trastornos posturales y de la marcha.
- Trastornos asociados: epilepsia, déficit visual y auditivo, dificultades cognitivas y del lenguaje.
- Secuelas musculoesqueléticas secundarias: contracturas, luxaciones de cadera, escoliosis [31].

Impacto funcional en la vida diaria

El grado de afectación varía según la severidad. En formas leves, los pacientes pueden caminar de manera independiente; en casos graves se requiere asistencia total para actividades básicas como alimentación, higiene o comunicación. La PC también condiciona la integración escolar y social, lo que refuerza la necesidad de un abordaje multidisciplinario [31].

Diagnóstico

El diagnóstico de la parálisis cerebral es principalmente clínico, basado en la identificación de signos motores persistentes, no progresivos, en un niño con antecedentes de riesgo neurológico [30].

Criterios internacionales: la PC se define como un grupo de trastornos permanentes pero cambiantes, que afectan movimiento y postura, causados por una lesión no progresiva en un cerebro en desarrollo [30].

Edad y proceso diagnóstico:

- La sospecha aparece en el primer año de vida (retraso motor, persistencia de reflejos primitivos), aunque la confirmación se recomienda entre los 2 y 4 años [31].
- La exploración neurológica se apoya en escalas como el *Gross Motor Function Classification*



System (GMFCS).

- Pruebas complementarias:
 - Neuroimagen: la RMN cerebral identifica lesiones en más del 80% de los casos [31].
 - Genética: permite descartar trastornos que imitan la PC (“mimics”) y caracterizar subtipos [30].
 - Seguimiento clínico: esencial para diferenciar un trastorno estático como la PC de enfermedades neurometabólicas progresivas [30].

Reflexión ingenieril

Un problema concreto en la parálisis cerebral es la falta de herramientas objetivas para el seguimiento funcional. Actualmente, la evolución del paciente se valora principalmente mediante observación clínica, lo que introduce subjetividad. Se identifica la necesidad de tecnologías biomédicas que permitan cuantificar parámetros de movimiento y función motora en tiempo real, como sensores portátiles de movilidad o sistemas de análisis de marcha. Dichas soluciones contribuirían a personalizar la rehabilitación y optimizar el seguimiento clínico.

La esclerosis lateral amiotrófica (ELA)

Sistema afectado

Sistema nervioso central.

Breve descripción anatómica/fisiológica

Las neuronas motoras son las encargadas del movimiento voluntario del cuerpo y se dividen en dos grupos: neuronas motoras superiores, que se conectan desde el cerebro hasta la médula espinal, e inferiores, que se extienden desde la médula hacia los músculos voluntarios. La ELA presenta una combinación de desgaste y disfunción de ambos tipos de neuronas, provocando así una debilitación progresiva de los músculos esqueléticos. De esta manera, se pierde la capacidad de mover las extremidades, el habla, la deglución y, en etapas avanzadas, la respiración, a medida que las neuronas se van deteriorando. [35]

La disfunción de las neuronas motoras inferiores se caracteriza por la debilidad muscular, atrofia y fasciculaciones, y el de las neuronas motoras superiores presentan reflejos patológicos y espasticidad en las extremidades debilitadas.[32]

La ELA presenta diferentes fenotipos:

- ELA bulbar debilita a los músculos que controlan el habla y la deglución.
- ELA de inicio cervical, comienza por debilitar las extremidades superiores, especialmente por las manos.



- ELA de inicio lumbar, empieza por las extremidades inferiores, mayormente por el pie.
- ELA de inicio respiratorio. [35]

Factores de riesgo:

- Los factores genéticos albergan entre el 10% y 15% de los casos. Se conocen cerca de 40 genes de ELA, como el *C9orf72*, TDP-43 y SOD1. [35]
- La exposición prolongada a contaminantes, agentes ambientales, metales en el organismo y el estilo de vida influyen en las probabilidades para desarrollar la ELA.[35]
- La mayor incidencia de ELA se encuentra en el rango de edad de 60 a 79 años. [35]

Manifestaciones clínicas más relevantes:

- Debilitamiento muscular
- Disartria (dificultad para hablar)
- Disfagia (dificultad para comer)
- Fasciculaciones
- Espasmos y calambres.
- Atrofia muscular.

Impacto funcional en la vida diaria

Los afectados pierden gradualmente capacidades físicas y motoras, lo que les dificulta realizar tareas cotidianas, volviéndose dependientes de un cuidador. En el ámbito psicológico, estos cambios pueden generar cuadros de ansiedad y depresión, que se acentúan debido a la incapacidad para comunicarse. [32]

Prevención, diagnóstico, tratamiento y monitoreo:

Prevención

No existe una manera efectiva de prevenir esta enfermedad. [33]

Diagnóstico

Es difícil de detectar en etapas tempranas y generalmente se suele asociar los síntomas a otras afecciones. Para su detección, se recurre al historial clínico y antecedentes familiares del paciente, se realizan pruebas electrodiagnósticas, de laboratorio y resonancia magnética. [33]

Tratamiento

La ELA no tiene cura conocida. Sin embargo, el tratamiento consiste en mejorar la calidad de vida del afectado y ralentizar el avance de la enfermedad. Por un lado, se usan medicamentos aprobados en ciertos países que son el riluzol y la edaravona. Por otro lado, se le realizan al paciente sesiones de fisioterapia, rehabilitación y uso de ortopédicos en etapas tempranas o cuando el paciente aún es capaz de moverse. [33]

Monitoreo: Se usa de preferencia la puntuación de calificación funcional de ELA revisada (ALSFRS-R), un cuestionario mediante el cual se evalúa la progresión de la enfermedad individualmente [32,36]. También se realizan ensayos clínicos, que consisten en pruebas que miden la capacidad respiratoria y la fuerza muscular del paciente. [36]

Reflexión ingenieril:

La pérdida de las funciones motoras y de comunicación son aspectos que afectan



gravemente a la calidad de vida del paciente, comprometiendo no solo su salud física, sino mental. De esta forma, el desarrollo de un sistema de comunicación asistida sería de mucha utilidad tanto para el paciente, que le permitiría expresarse de una manera más eficiente, como para su cuidador o médico, que podría entender de mejor manera las necesidades del paciente.

Lesión Medular

Sistema afectado

Esta enfermedad afecta principalmente al sistema nervioso central, además del sistema músculo esquelético debido a la pérdida del control motor.

Breve descripción anatómica y fisiológica

Es un daño a la médula espinal, la cual pertenece al Sistema Nervioso Central y actúa como la vía principal por donde el cerebro recibe la información del cuerpo y envía las señales que controlan los movimientos. Esta estructura nerviosa, en forma de cordón, está protegida por la columna vertebral y se extiende desde la base del encéfalo hasta la zona lumbar. A lo largo de su trayecto emergen los nervios raquídeos, que se clasifican como cervicales, torácicos, lumbares o sacros, según el nivel en el que aparecen. Cuando ocurre una lesión en la médula, dicha comunicación nerviosa se interrumpe o se ve alterada.

Este tipo de lesión puede ocasionar pérdida de la movilidad voluntaria y de la sensibilidad por debajo de la zona afectada o incluso en mayor gravedad,

incontinencia o dificultad para controlar esfínteres, alteraciones en la función sexual y reproductiva, disfunción del Sistema Nervioso Autónomo y una mayor predisposición a complicaciones secundarias como úlceras por presión, espasticidad o problemas renales. [37]

Factores de riesgo principales

- Ser hombre: Un estudio en Estados Unidos demostró que las mujeres representan solo el 20% de las lesiones medulares.
- Tener entre 16 y 30 años: Más de la mitad de las lesiones medulares ocurren en este grupo.
- Tener 65 años o más: Las caídas son la principal causa de las lesiones en adultos mayores.
- Tener conductas de riesgo: Como los accidentes automovilísticos, zambullirse a aguas profundas y hacer deportes sin el equipo de seguridad apropiado.
- Tener ciertas enfermedades: Si tienes enfermedades que afectan a los huesos o articulaciones, una herida leve que podría dañar la médula espinal. [38]

Manifestaciones clínicas más relevantes

Las manifestaciones clínicas más relevantes de una lesión medular incluyen la pérdida de movimiento y sensibilidad en las extremidades (debido a la interrupción de los impulsos nerviosos), [39] alteraciones en la función de la vejiga e intestinos, y el aumento del tono muscular



o espasticidad. También pueden presentarse dolor neuropático, dificultad para respirar, cambios en la función sexual y, en algunos casos, shock neurogénico. [40]

Impacto funcional en la vida diaria

En términos de movimiento, la persona afectada puede llegar a presentar desde complicaciones para caminar hasta la pérdida completa de movilidad en las extremidades inferiores o inclusive en las cuatro extremidades, lo que conlleva al uso de silla de ruedas o también aparatos de apoyo. Esto afecta a la autonomía ya que tareas cotidianas como vestirse, asearse, cocinar, etc, pueden requerir de ayuda parcial o total. Por otro lado, en lo social y laboral, las limitaciones físicas pueden reducir las oportunidades de estudio o trabajo, lo que obliga a llevar a cabo adaptaciones en el entorno.

Finalmente, en lo emocional es también considerable el impacto ya que la pérdida de independencia, los cambios en la imagen corporal y las restricciones en la vida social pueden generar sentimientos de frustración, ansiedad o depresión, lo que genera la necesidad de un acompañamiento psicológico y el apoyo de familiares

Prevención

En los deportes y actividades recreativas es importante usar el equipo de protección correcto, asegurarse de que el entorno sea seguro como verificar la profundidad y limpieza del agua y aplicar técnicas apropiadas para reducir el riesgo de golpes

o movimientos bruscos en cuello y espalda. También, conducir con responsabilidad, utilizando siempre el cinturón de seguridad y evitando el consumo de alcohol. En el hogar, la instalación de pasamanos en baños y escaleras, así como el uso de bastones o andadores en personas con problemas de equilibrio, contribuyen a reducir las caídas. En conjunto, todas estas medidas ayudan de manera decisiva a minimizar la probabilidad de sufrir una lesión medular. [40]

Diagnóstico

Radiografías: Pueden revelar daños en las vértebras además de encontrar tumores, fracturas o daños en la columna vertebral.

Tomografía computarizada: Proporciona una imagen mas clara que una radiografía. Utiliza computadoras para formar una recopilación de imágenes transversales que pueden reconocer cambios en los huesos, en los discos y otros tipos de cambios.

Resonancia magnética: Es muy útil para observar la médula espinal e identificar hernias de disco, coágulos de sangre y otros tumores que puedan estar comprimiendo la médula. [41]

Tratamiento

En el ámbito farmacológico, se prioriza el control del dolor y la inflamación, mientras que el uso rutinario de corticosteroides como la metilprednisolona ha quedado restringido debido a sus efectos adversos, y se investigan terapias neuroprotectoras avanzadas [42]. En cuanto al tratamiento quirúrgico, se realiza la descompresión y estabilización



temprana mediante técnicas específicas para minimizar el daño medular y mejorar la función neurológica [41]. En rehabilitación, se aplican técnicas como fisioterapia personalizada, terapia miofascial para reducir espasticidad, terapia ocupacional para fomentar la independencia, y uso de tecnologías como estimulación eléctrica y robótica, que potencian la recuperación funcional; además, se incluye apoyo psicológico para facilitar la adaptación emocional del paciente [43]. Estas intervenciones buscan mejorar la calidad de vida y la funcionalidad del paciente de manera integral.

Monitoreo

El monitoreo de la lesión medular se basa en una evaluación neurológica continua utilizando herramientas estandarizadas como las Normas Internacionales para la Clasificación Neurológica de las Lesiones de Médula Espinal (ISNCSCI), que permiten determinar el nivel y la gravedad de la lesión mediante el examen de funciones sensoriales y motoras, incluyendo la preservación sacra para diferenciar lesiones completas e incompletas [44]. Este monitoreo se complementa con estudios de imagen como radiografías, tomografía computarizada y resonancia magnética para evaluar daños estructurales y posibles compresiones medulares [41]. En la unidad de cuidados intensivos se monitorea la situación hemodinámica y respiratoria y se realizan evaluaciones neurológicas periódicas para detectar cambios en la función y ajustar el tratamiento.

Reflexión Ingenieril

Una problemática frecuente en pacientes con lesión medular es el desarrollo de úlceras por presión (UPP), especialmente durante las fases de inmovilidad prolongada. Estas lesiones se producen por la presión mantenida sobre prominencias óseas, lo que genera isquemia tisular y necrosis progresiva.

Se estima que entre el 34 % y el 40 % de los pacientes desarrollan UPP en la fase aguda, y hasta el 80 % a lo largo de su vida, lo que representa una alta carga clínica, económica y emocional [45]. Los pacientes con lesión medular suelen presentar pérdida de sensibilidad y movilidad, lo que impide realizar ajustes posturales voluntarios. Esta condición los hace dependientes de terceros para prevenir la presión prolongada, y en muchos casos, los cambios posturales no se realizan con la frecuencia necesaria. Además, la falta de retroalimentación sensorial dificulta la detección temprana de zonas de riesgo.

Desde una perspectiva ingenieril accesible para estudiantes en formación, se identifica una necesidad concreta: el desarrollo de tecnologías más simples que permitan monitorear la presión en puntos críticos del cuerpo en tiempo real [46].

Esclerosis múltiple

Sistema afectado

Neurológico: sistema nervioso central

Breve descripción anatómica/fisiológica



La esclerosis múltiple (EM) es un trastorno neuroinflamatorio en el cual el sistema inmune ataca la mielina-sustancia que conforma la membrana que recubre los axones de las neuronas-. El daño tisular en la EM se limita al sistema nervioso central (SNC), sin afectar al sistema nervioso periférico, en consecuencia, se forman placas visibles en la materia blanca y no se transmiten adecuadamente los impulsos nerviosos [47]. Al activarse los linfocitos T autorreactivos, estos se expanden en los tejidos linfáticos y activan la esfingosina-1-fosfato, la cual genera metaloproteinasas de matriz (MMP) que degradan la barrera hematoencefálica, membrana que regula la entrada y salida de nutrientes del torrente sanguíneo al cerebro, de tal forma que los linfocitos T inician a diferenciarse en Th1 (proinflamatorios) y Th2 (antiinflamatorios), que liberan citocinas dirigidas contra macrófagos y microglía. De forma paralela, los linfocitos B estimulados atraviesan la barrera hematoencefálica dañada y finalmente generan anticuerpos contra la mielina, lo que activa su destrucción progresiva [48].

Manifestaciones clínicas más relevantes

Los síntomas pueden ser graves al inicio o comenzar de forma insidiosa, incluso ser desapercibidos durante meses o años. Las principales manifestaciones clínicas son: pérdida sensorial o parestesias (hormigueo), pérdida visual dolorosa unilateral (neuritis óptica), debilidad de las extremidades, fatiga y disfunción cognitiva [49].

Impacto funcional en la vida diaria

La esclerosis múltiple conlleva un gran impacto en la calidad de vida, porque presenta fatiga persistente y un deterioro cognitivo progresivo (pérdida de la memoria y concentración) como también dificultades para actividades motoras, en ese sentido, caminar, correr y realizar tareas domésticas son acciones limitadas. Además de ello, como consecuencia de los cambios neurológicos causados por la EM y la incertidumbre de los síntomas y avance de la enfermedad, surgen desafíos emocionales como estrés, ansiedad, depresión y sensación de aislamiento [50].

Factores de riesgo principales

Estudios epidemiológicos indican aspectos ambientales, como la infección por el virus de Epstein-Barr (VEB) y los niveles bajos de vitamina D en personas genéticamente predispuestas, son factores de riesgo importantes [51].

Prevención

No es posible prevenir la EM debido a que sus causas aún están en investigación [51].

Diagnóstico

Existen criterios clínicos para su diagnóstico: los síntomas deben estar presentes durante más de 24 horas y presentarse en episodios consecutivos separados (mínimo un mes) más evidencia clínica objetiva de una lesión con evidencia razonable de un ataque previo [48]. Así mismo, se acompañan los criterios con imágenes de resonancia magnética (IRM), análisis de los síntomas



y análisis de líquido cefalorraquídeo para detectar inflamación moderada [49].

Tratamiento

Habitualmente se administra corticosteroides, como la metilprednisolona, ya que estos previenen la activación de citocinas inflamatorias e inhiben la activación de células T y B que originan el ataque autoinmune a la mielina. Así mismo, se recetan la mitoxantrona, natalizumab y ocrelizumab que poseen alta eficacia. Sin embargo, estos presentan efectos adversos como malestar gastrointestinal, hipertensión, osteoporosis e insomnio [48]. En adición, se implementa terapia física y rehabilitación [49].

Tratamientos en investigación: para las terapias con células madre existe más evidencia que indica que el trasplante autólogo de células madre hematopoyéticas puede inducir una remisión prolongada en muchos pacientes. También se investigan tratamientos de remielinización [49].

Monitoreo

El monitoreo consiste en resonancias magnéticas periódicas y evaluaciones neurológicas [49].

Reflexión Ingenieril

El síntoma más común en la EM, es la fatiga, que se caracteriza por la disminución del rendimiento motor durante la actividad muscular. En ese sentido, no solo afecta su independencia, sino que incrementa el riesgo de fracturas

(caídas por visión borrosa y falta de equilibrio) y hospitalizaciones, por lo que, surge la necesidad de dispositivos biomédicos que registren un monitoreo continuo respecto a la marcha y la postura de equilibrio del paciente y registro del flujo de síntomas. Aquello es esencial, porque si no se atiende a tiempo un episodio de EM, deteriora significativamente los síntomas. Así mismo, en la actualidad los tratamientos para la EM se suele aplicar estandarizadamente y dado que los síntomas varían en los individuos, un monitoreo continuo brindaría terapias personalizadas basadas en datos objetivos.



Referencias Bibliográficas:

- [1] M. Akazawa, T. Minami, and K. Kotani, "Current concepts in adolescent idiopathic scoliosis: Epidemiology, genetics, and treatment," *Child's Nervous System*, vol. 36, pp. 1111–1125, 2020. doi: 10.1007/s00381-020-04608-4.
- [2] American Association of Neurological Surgeons (AANS), "Scoliosis," 2023. [Online]. Available: <https://www.aans.org/patients/conditions-treatments/scoliosis>. [Accessed: Aug. 27, 2025].
- [3] J. Clin. Med., "Cobb angle assessment and prognosis in scoliosis management," vol. 12, no. 16, 5182, 2023. doi: [10.3390/jcm12165182](https://doi.org/10.3390/jcm12165182).
- [4] L. Smith et al., "Epidemiology and clinical impact of scoliosis," *Frontiers in Surgery*, vol. 10, 2023. Available: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10707441/>.
- [5] C. Xu et al., "Prevalence of scoliosis in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis," *Frontiers in Pediatrics*, vol. 12, 1399049, 2024. doi: 10.3389/fped.2024.1399049.
- [6] N. Website, «Amputation», *nhs.uk*, 1 de julio de 2025. <https://www.nhs.uk/tests-and-treatments/amputation/>
- [7] C. C. M. Professional, «Amputation», *Cleveland Clinic*, 15 de octubre de 2024. <https://my.clevelandclinic.org/health/procedures/21599-amputation>
- [8] H. Flor, N. Birbaumer y R. A. Sherman, "Dolor de miembro fantasma," *Revista de la Sociedad Española del Dolor*, vol. 8, pp. 327–331, 2001. [En línea]. Disponible: http://elpie.es/Documentacion_files/Miembro%20Fantasma.pdf.
- [9] J. Fleitas, "Incidencias de la marcha en personas amputadas," ponencia presentada en el 12° Congreso Argentino y 7° Latinoamericano de Educación Física y Ciencias de la Educación Física, Ensenada, Buenos Aires, Argentina, 13–17 Nov. 2017. [En línea]. Disponible: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/75469/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [10] *The epidemiology of lower extremity amputations, strategies for amputation prevention, and the importance of patient-centered care* publicado en *Seminars in Vascular Surgery*, volumen 34, número 1, páginas 54-58, 7 de febrero de 2021, DOI: 10.1053/j.semvascsurg.2021.02.011, autor Mayo A.
- [11] «Upper limb amputation», *PubMed*, 1 de enero de 2025. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31082006/>
- [12] N. Sarroca, J. Valero, J. Deus, J. Casanova, M. J. Luesma, y M. Lahoz, «Quality of life, body image and self-esteem in patients with unilateral transtibial amputations», *Scientific Reports*, vol. 11, n.º 1, jun. 2021, doi: 10.1038/s41598-021-91954-1.
- [13] K. Tsaras et al., «Assessment of Depression and Anxiety in Breast Cancer Patients: Prevalence and Associated Factors», *PubMed*, vol. 19, n.º 6, pp. 1661-1669, jun. 2018, doi: 10.22034/apjcp.2018.19.6.1661.



- [14] M. Alessa *et al.*, «The Psychosocial Impact of Lower Limb Amputation on Patients and Caregivers», *Cureus*, nov. 2022, doi: 10.7759/cureus.31248.
- [15] A. Grzebień, M. Chabowski, M. Malinowski, I. Uchmanowicz, M. Milan, y D. Janczak, “Analysis of selected factors determining quality of life in patients after lower limb amputation – a review article,” **Pol. Przegl. Chir.**, vol. 89, no. 2, pp. 57–61, 30 Abr. 2017, doi: 10.5604/01.3001.0009.8980. [En línea]. Disponible: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28537564/>.
- [16] N. C. Schaper *et al.*, «Practical guidelines on the prevention and management of diabetes-related foot disease (IWGDF 2023 update)», *Diabetes/Metabolism Research And Reviews*, vol. 40, n.º 3, may 2023, doi: 10.1002/dmrr.3657.
- [17] Y. J. Choo, D. H. Kim, y M. C. Chang, «Amputation stump management: A narrative review», *World Journal Of Clinical Cases*, vol. 10, n.º 13, pp. 3981–3988, abr. 2022, doi: 10.12998/wjcc.v10.i13.3981.
- [18] C. J. Culp and S. Abdi, “Current understanding of phantom pain and its treatment,” *Pain Physician*, vol. 25, no. 7, pp. E941–E957, Oct. 2022. [En línea]. Disponible: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36288580/>.
- [19] P. Campo-Prieto y G. Rodríguez-Fuentes, “Effectiveness of mirror therapy in phantom limb pain: a literature review,” *Neurologia (Engl Ed)*, vol. 37, no. 8, pp. 668–681, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.nrleng.2018.08.005. [En línea]. Disponible: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36195376/>.
- [20] B. Griffiths, L. Diment, y M. H. Granat, «A Machine Learning Classification Model for Monitoring the Daily Physical Behaviour of Lower-Limb Amputees», *Sensors*, vol. 21, n.º 22, p. 7458, nov. 2021, doi: 10.3390/s21227458.
- [21] «Osteoarthritis», *Cleveland Clinic*, 21 de agosto de 2025. <https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/5599-osteoarthritis>
- [22] S. Senthelal, J. Li, S. Ardeshirzadeh, y M. A. Thomas, «Arthritis», *StatPearls - NCBI Bookshelf*, 20 de junio de 2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK518992/>
- [23] N. Petrovská, K. Prajzlerová, J. Vencovský, L. Šenolt, y M. Filková, «The pre-clinical phase of rheumatoid arthritis: From risk factors to prevention of arthritis», *Autoimmunity Reviews*, vol. 20, n.º 5, p. 102797, mar. 2021, doi: 10.1016/j.autrev.2021.102797.
- [24] C. Salliot, Y. Nguyen, M.-C. Boutron-Ruault, y R. Seror, «Environment and Lifestyle: Their Influence on the Risk of RA», *Journal Of Clinical Medicine*, vol. 9, n.º 10, p. 3109, sep. 2020, doi: 10.3390/jcm9103109.
- [25] A. Mahmoudian, L. S. Lohmander, A. Mobasheri, M. Englund, y F. P. Luyten, «Early-stage symptomatic osteoarthritis of the knee — time for action», *Nature Reviews Rheumatology*, vol. 17, n.º 10, pp.



621-632, ago. 2021, doi:
10.1038/s41584-021-00673-4.

[26] M. Schneider y K. Krüger,
«Rheumatoid arthritis», *Deutsches
Ärzteblatt International*, jul. 2013, doi:
10.3238/arztebl.2013.0477.

[27] K. A. Marriott y T. B. Birmingham,
«Fundamentals of osteoarthritis.
Rehabilitation: Exercise, diet,
biomechanics, and physical
therapist-delivered interventions»,
Osteoarthritis And Cartilage, vol. 31, n.º
10, pp. 1312-1326, jul. 2023, doi:
10.1016/j.joca.2023.06.011.

[28] G. Koduri y J. J. Solomon,
«Identification, Monitoring, and
Management of Rheumatoid
Arthritis-Associated Interstitial Lung
Disease», *Arthritis & Rheumatology*, vol.
75, n.º 12, pp. 2067-2077, jul. 2023, doi:
10.1002/art.42640.

[29] M. Doumen *et al.*, «Engagement and
attrition with eHealth tools for remote
monitoring in chronic arthritis: a
systematic review and meta-analysis»,
RMD Open, vol. 8, n.º 2, p. e002625, oct.
2022, doi: 10.1136/rmdopen-2022-002625.

[30] D. T. Pham, R. G. Morris y al.,
«Definition and diagnosis of cerebral palsy
in genetic studies: a systematic review»,
*Developmental Medicine & Child
Neurology*, vol. 62, no. 9, pp. 1024–1030,
2020, doi: 10.1111/dmcn.14585.

[31] AEP (Asociación Española de
Pediatría), *Protocolos diagnósticos y
terapéuticos en Neurología Pediátrica*,
cap. 11: «Parálisis Cerebral», Madrid:
AEP, 2022.

[32] E. L. Feldman et al., «Amyotrophic
lateral sclerosis», *The Lancet*, vol. 400, no.
10360, pp. 1363–1380, 2022, doi:
10.1016/S0140-6736(22)01272-7.

Available:

[https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/
/S0140673622012727](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673622012727).

[33] S. A. Goutman et al., «Recent
advances in the diagnosis and prognosis of
amyotrophic lateral sclerosis», *The Lancet
Neurology*, vol. 21, no. 5, pp. 480–493,
2022, doi:
10.1016/S1474-4422(21)00465-8.

Available:

[https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/
/S1474442221004658](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1474442221004658).

[34] L. I. Grad, G. A. Rouleau, J. Ravits,
and N. R. Cashman, «Clinical Spectrum of
Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS),»
Cold Spring Harb Perspect Med, vol. 7,
no. 8, p. a024117, 2017, doi:
10.1101/cshperspect.a024117. Available:
[http://perspectivesinmedicine.cshlp.org/loo
kup/doi/10.1101/cshperspect.a024117](http://perspectivesinmedicine.cshlp.org/lookup/doi/10.1101/cshperspect.a024117).

[35] S. A. Goutman et al., «Emerging
insights into the complex genetics and
pathophysiology of amyotrophic lateral
sclerosis», *The Lancet Neurology*, vol. 21,
no. 5, pp. 465–479, 2022, doi:
10.1016/S1474-4422(21)00414-2.

Available:

[https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/
/S1474442221004142](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1474442221004142).

[36] L. Garcia-Gancedo et al.,
«Objectively Monitoring Amyotrophic
Lateral Sclerosis Patient Symptoms
During Clinical Trials With Sensors:
Observational Study», *JMIR Mhealth
Uhealth*, vol. 7, no. 12, p. e13433, Dec.



2019, doi: 10.2196/13433. Available: <https://mhealth.jmir.org/2019/12/e13433>.

[37] Institut Guttmann, “Lesión medular,” *Institut Guttmann*, 2024. Accessed: Aug. 24, 2025. [Online]. Available: <https://www.guttmann.com/es/especialidad/lesion-medular>

[38] Mayo Clinic, “Lesión de la médula espinal - Síntomas y causas,” *Mayo Clinic*, Nov. 7, 2024. Accessed: Aug. 24, 2025. [Online]. Available: <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/spinal-cord-injury/symptoms-causes/syc-20377890>

[39] Neuron, “Lesiones de la médula espinal: Síntomas y causas,” *Neuron*, Dec. 3, 2024. Accessed: Aug. 24, 2025. [Online]. Available: <https://neuronrehab.es/dano-cerebral-adquirido/lesion-medular/lesion-medular-espinal/>

[40] MedlinePlus, “Traumatismo de la médula espinal,” *MedlinePlus*, 2024. Accessed: Aug. 24, 2025. [Online]. Available: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/001066.htm>

[41] Mayo Clinic, “Lesión de la médula espinal - Diagnóstico y tratamiento,” *Mayo Clinic*, Nov. 7, 2024. Accessed: Aug. 25, 2025. [Online]. Available: <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/spinal-cord-injury/diagnosis-treatment/drc-20377895>

[42] R. Galeiras Vázquez et al., “Actualización en lesión medular aguda postraumática. Parte 1,” *Med. Intensiva*,

vol. 41, no. 4, pp. 237–247, Jun. 2017. doi: 10.1016/j.medin.2016.11.002

[43] Fernando Arco Centro de Fisioterapia, “Cómo realizar un tratamiento de lesión medular con fisioterapia en 2025,” *Fernando Arco Fisioterapia*, 2025. Accessed: Aug. 25, 2025. [Online]. Available: <https://fernandoarcofisioterapia.com/como-realizar-un-tratamiento-de-lesion-medular-con-fisioterapia-en-2025/>

[44] G. Arriagada and N. Macchiavello, “Traumatismo raquímedular (TRM). Revisión bibliográfica,” *Rev. Méd. Clín. Las Condes*, vol. 31, no. 5–6, pp. 423–429, Dec. 2020. doi: 10.1016/j.rmcl.2020.11.001

[45] P. Alejos Albesa et al., “Manejo de las úlceras por presión en el paciente con lesión medular,” *Rev. Sanit. Investig.*, vol. 6, no. 1, 2025. Accessed: Aug. 27, 2025. [Online]. Available: <https://revistasanitariadeinvestigacion.com/manejo-de-las-ulceras-por-presion-en-el-paciente-con-lesion-medular/>

[46] S. Albundio Escalona et al., “Tecnologías portátiles para el monitoreo de la salud del paciente,” *Rev. Ocronos*, vol. 7, no. 8, pp. 1137–1145, Aug. 2024. Accessed: Aug. 27, 2025. [Online]. Available: <https://revistamedica.com/tecnologias-portatiles-monitoreo-salud-paciente>

[47] A. Compston and A. Coles, “Multiple sclerosis,” *Lancet*, vol. 372, no. 9648, pp. 1502–1517, Oct. 2008, doi: 10.1016/S0140-6736(08)61620-7.



[48] Haki, M., Al-Biati, H. A., Al-Tameemi, Z. S., Ali, I. S., & Al-Hussaniy, H. A. (2024). Review of multiple sclerosis: Epidemiology, etiology, pathophysiology, and treatment. *Medicine*, 103(8), e37297. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000037297>

[49] S. L. Hauser and J. R. Cree, "Treatment of multiple sclerosis: a review," *Am. J. Med.*, vol. 133, no. 12, pp. 1380–1390, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.amjmed.2020.05.049.

[50] Piñar-Morales, R., Ruíz, P. G., & Hernández, F. B. (2024). Impacto de la fatiga en la calidad de vida en los adultos con esclerosis múltiple remitente. *Neurología*

[51] Rasheed, A., & Khan, G. (2024). Epstein-Barr virus, vitamin D and the immune response: connections with consequences for multiple sclerosis. *Frontiers in immunology*, 15, 1503808. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2024.1503808>