UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

TRAUMATISMOS NEUROLÓGICOS ASOCIADOS AL TRABAJO (LESIONES TRAUMÁTICAS DEL SNC, LESIONES TRAUMÁTICAS DEL SNP, TRASTORNOS POR VIBRACIONES)

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRA EN MEDICINA OCUPACIONAL Y DEL MEDIO AMBIENTE

TRACY MILAGROS ISABEL CARRASCO FRANCO

LIMA – PERÚ

2025

ASESOR

Mg. Jonh Maximiliano Astete Cornejo

JURADO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

MG. JESUS ARTURO SANTIANI ACOSTA

PRESIDENTE

MG. MARTHA ROCIO LUCERO PEREZ

VOCAL

MG. WILLIAM MICHAEL AVILA BASTIDAS

SECRETARIO

DEDICATORIA.

A mi madre, quien me enseñó a ser perseverante y resiliente.

AGRADECIMIENTOS.

A mis amigos por su apoyo

FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Trabajo de investigación Autofinanciado

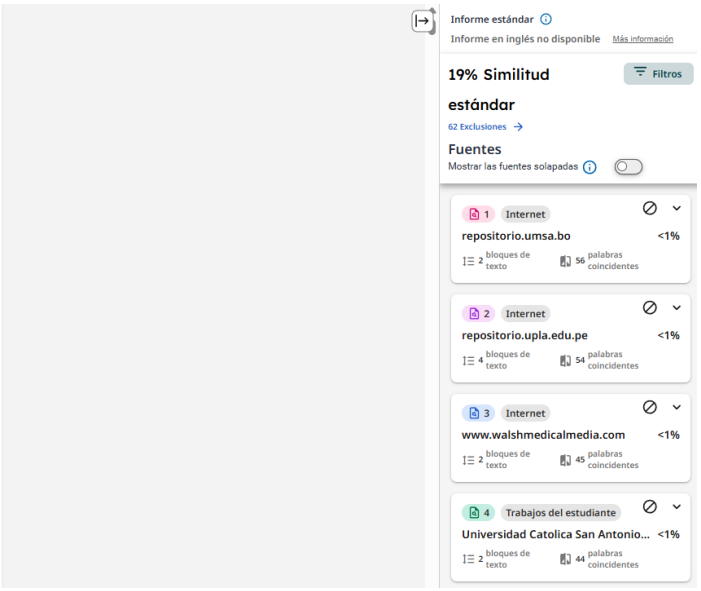
TRAUMATISMOS NEUROLÓGICOS ASOCIADOS AL TRABAJO (LESIONES TRAUMÁTICAS DEL SNC, LESIONES TRAUMÁTICAS DEL SNP, TRASTORNOS POR VIBRACIONES)

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRA EN MEDICINA OCUPACIONAL Y DEL MEDIO AMBIENTE

TRACY MILAGROS ISABEL CARRASCO FRANCO

LIMA – PERÚ

2025



ÍNDICE

RESUMEN
ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 1

I. GENERALIDADES DE LOS TRAUMATISMOS NEUROLÓGICOS ASOCIADOS AL TRABAJO..... 3

1.1. Definiciones 3
1.2. Recuerdo anatómico..... 5
1.3. Epidemiología 6
1.4. Factores y Sectores laborales de riesgo..... 9
1.5. Clasificación y mecanismo de lesiones traumáticas del sistema nervioso..... 16

II. MANIFESTACIONES CLÍNICAS Y MÉTODOS DIAGNÓSTICOS..... 32

2.1 Cuadro clínico..... 32
2.2 Evaluación clínica..... 39
2.3 Evaluación ocupacional 43
2.4 Métodos diagnósticos..... 48

III. PREVENCIÓN, MANEJO Y REINSERCIÓN LABORAL 52

3.1 Medidas de prevención 52
3.2 Manejo 58
3.3 Readaptación laboral..... 64

IV. CONCLUSIONES..... 68

V. RECOMENDACIONES 69

VI. BIBLIOGRAFÍA 70

RESUMEN

Los traumatismos neurológicos ocupacionales son un problema de salud pública con alta morbilidad y pueden causar discapacidad permanente si no se manejan adecuadamente.

El trauma craneoencefálico es una de las principales causas de lesión neurológica en el trabajo, especialmente en sectores de alto riesgo como construcción, minería y transporte. Las principales causas incluyen caídas, impactos por objetos y colisiones vehiculares. En cuanto a las lesiones del sistema nervioso periférico, se mencionan neuropatías periféricas causadas por movimientos repetitivos, exposición a vibraciones y manipulación de herramientas.

El manejo de estas lesiones incluye una atención médica temprana basada en los principios ABCDE, uso de tomografía computarizada y radiografías para evaluar daños, así como tratamientos médicos y quirúrgicos en casos graves. La rehabilitación neurológica es clave para la recuperación, destacando la importancia de la fisioterapia y la readaptación laboral para mejorar la calidad de vida del trabajador afectado.

Finalmente, es necesario la implementación de medidas preventivas mediante ajustes ergonómicos, equipos de protección y programas de concienciación en salud ocupacional, con el objetivo de reducir la incidencia de estas lesiones y promover la seguridad laboral.

Palabras clave: traumatismo, lesiones traumáticas, sistema nervioso central, sistema nervioso periférico.

ABSTRACT

Occupational neurological trauma is a public health problem with high morbidity and can cause permanent disability if not properly managed.

Head trauma is one of the main causes of neurological injury at work, especially in high-risk sectors such as construction, mining and transportation. The main causes include falls, impacts by objects and vehicular collisions. As for injuries to the peripheral nervous system, peripheral neuropathies caused by repetitive movements, exposure to vibrations and handling of tools are mentioned.

Management of these injuries includes early medical care based on ABCDE principles, use of computed tomography and radiographs to assess damage, as well as medical and surgical treatment in severe cases. Neurological rehabilitation is key to recovery, highlighting the importance of physiotherapy and occupational rehabilitation to improve the quality of life of the affected worker.

Finally, it is necessary to implement preventive measures through ergonomic adjustments, protective equipment and occupational health awareness programs, with the aim of reducing the incidence of these injuries and promoting occupational safety.

Keywords: trauma, traumatic injuries, central nervous system, peripheral nervous system.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades relacionadas con el entorno laboral abarcan una amplia variedad de patologías, incluyendo traumatismos y lesiones neurológicas, cuyos signos y síntomas deben ser identificados adecuadamente para garantizar un manejo eficaz y proponer estrategias de prevención (1). Estos eventos traumáticos representan una de las principales causas de morbilidad y mortalidad (2).

En el ámbito médico, las lesiones traumáticas son una de las razones más frecuentes de daño en la médula espinal, con una prevalencia de 1 por cada 1,000 personas y una incidencia de entre 4 y 9 casos por cada 100,000 habitantes. Estas lesiones pueden ocasionar disfunción neurológica, discapacidad e incluso secuelas permanentes (3).

Las patologías neurológicas pueden clasificarse en aquellas que afectan el sistema nervioso central, que involucra el cerebro y la médula espinal, y las que comprometen el sistema nervioso periférico, incluyendo los nervios y los músculos (4). En este contexto, los trabajadores expuestos a entornos de riesgo, sustancias químicas tóxicas o actividades repetitivas tienen una mayor probabilidad de desarrollar enfermedades ocupacionales (1).

A nivel global, la Organización Mundial de la Salud reportó en 2021 que aproximadamente 1,710 millones de personas presentan trastornos musculoesqueléticos, siendo el dolor lumbar la principal causa de discapacidad, lo que limita la movilidad y la capacidad funcional de las personas en edad laboral (5).

En Sudamérica, en países como Ecuador, los traumatismos cráneo encefálicos son la principal causa de daño cerebral y constituyen un motivo frecuente de muerte y discapacidad en personas menores de 45 años, afectando su desempeño laboral (6).

En el contexto nacional, el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo del Perú reportó en 2024, a través del Sistema Informático de Notificación de Accidentes de

Trabajo, Incidentes Peligrosos y Enfermedades Ocupacionales, que hasta febrero de 2024 se registraron 3,070 notificaciones. De estas, el 97.26% correspondieron a accidentes no mortales, el 0.55% a accidentes mortales, el 1.56% a incidentes peligrosos y el 0.62% a enfermedades ocupacionales (7).

Este panorama justifica la necesidad de abordar el tema desde tres perspectivas. Desde el enfoque teórico, se busca profundizar en el conocimiento sobre las causas, consecuencias y estrategias de prevención de los traumatismos neurológicos laborales. Desde el enfoque práctico, se propone la implementación de planes de identificación y prevención de riesgos ocupacionales para mejorar la salud de los trabajadores. Desde el enfoque social, se busca fortalecer la investigación y la divulgación científica, garantizando la disponibilidad de información actualizada que permita generar nuevo conocimiento sobre esta problemática.

En este contexto, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las causas de los traumatismos neurológicos asociados al trabajo?

I. GENERALIDADES DE LOS TRAUMATISMOS NEUROLÓGICOS ASOCIADOS AL TRABAJO.

1.1. Definiciones

Los traumatismos neurológicos asociados al trabajo comprenden un conjunto de lesiones que afectan el sistema nervioso central (SNC) y el sistema nervioso periférico (SNP) como consecuencia de accidentes laborales, exposición a factores de riesgo ocupacionales o condiciones de trabajo desfavorables. Estas lesiones pueden clasificarse en lesiones traumáticas del SNC, lesiones traumáticas del SNP y trastornos neurológicos por vibraciones, cada una con sus características, mecanismos de lesión y consecuencias en la salud del trabajador (8).

Lesión traumática del sistema nervioso central

Las lesiones traumáticas del SNC incluyen cualquier daño estructural o funcional en el encéfalo o la médula espinal secundario a un traumatismo externo. El traumatismo craneoencefálico es una de las principales formas de lesión en entornos laborales de alto riesgo, como la construcción, la minería y el transporte. Se caracteriza por la presencia de contusión cerebral, hemorragia intracraneal, edema cerebral y, en casos graves, lesión axonal difusa, que puede comprometer la función neurológica de forma transitoria o permanente (9).

Por otro lado, el traumatismo raquimedular se produce por lesiones mecánicas directas sobre la médula espinal, como las provocadas por caídas de altura, accidentes con maquinaria pesada o impacto directo sobre la columna vertebral. Estas lesiones pueden generar déficits neurológicos graves, como paraplejia o tetraplejia, dependiendo del nivel y severidad del daño medular (10).

Lesión traumática del sistema nervioso periférico

Las lesiones del SNP en el ámbito laboral suelen estar relacionadas con traumatismos directos, atrapamientos nerviosos o lesiones por movimientos repetitivos. Entre las neuropatías laborales más frecuentes se encuentra el síndrome del túnel carpiano, causado por la compresión del nervio mediano en la muñeca debido a la repetición de movimientos de flexoextensión, como los realizados por trabajadores de la industria manufacturera y administrativa (11).

Otras neuropatías traumáticas incluyen la compresión del nervio cubital en el codo, el atrapamiento del nervio radial en el antebrazo y las lesiones por estiramiento o tracción en accidentes con maquinaria pesada. Estas condiciones pueden generar dolor, debilidad muscular y alteraciones sensoriales, afectando significativamente la capacidad funcional del trabajador (12).

Lesión por vibraciones

El síndrome de vibración mano-brazo es una entidad patológica que afecta a trabajadores expuestos de manera crónica a herramientas de impacto o vibración, como martillos neumáticos, sierras mecánicas y perforadoras industriales. Se manifiesta con alteraciones vasculares (fenómeno de Raynaud), neurológicas (parestesias, entumecimiento y disminución de la sensibilidad táctil) y musculoesqueléticas (debilidad y pérdida de destreza manual) (13).

Además, la exposición prolongada a vibraciones de cuerpo entero, como ocurre en operadores de maquinaria pesada y conductores de transporte de carga, se ha asociado con trastornos del equilibrio, alteraciones en la columna vertebral y síntomas de disfunción autonómica, lo que puede afectar la salud y productividad del trabajador a largo plazo (14).

1.2. Recuerdo anatómico

Sistema Nervioso Central

Es uno de los sistemas más complejos del cuerpo humano y que juega un papel crucial en el control de diversas funciones corporales (15). Está formado por tejido nervioso, incluidas neuronas y células gliales. Su función principal es la comunicación entre diferentes zonas del cuerpo, lo cual depende de las propiedades físicas, químicas y morfológicas de las neuronas (16).

El sistema nervioso central está formado por el cerebro y la médula espinal, que están protegidos por el cráneo y la columna vertebral, respectivamente. Estos órganos actúan como órganos de control central que integran la información entrante y determinan las respuestas apropiadas (17,18).

El cerebro y la médula espinal están cubiertos por tres capas de tejido conectivo: las meninges. La capa exterior es más gruesa y resistente y se llama duramadre. El espacio entre la duramadre y el hueso, se llama espacio epidural. La capa media de las meninges, llamada aracnoides, es una capa o placa blanda con largas proyecciones. En el borde más profundo encontramos un espacio llamado espacio subaracnoideo, por donde circula el líquido cefalorraquídeo. Por último y firmemente unida al encéfalo y a la médula espinal está la piamadre. Es la capa más delgada y vascularizada de la cubierta meníngea.

Sistema Nervioso Periférico

El sistema nervioso periférico está ubicado fuera del sistema nervioso central y está formado por receptores sensoriales y nervios que se comunican con el nivel central. Las diferentes partes del cuerpo están conectadas al cerebro a través de los nervios craneales y a la médula espinal a través de los nervios raquídeos (19).

Las neuronas aferentes (sensoriales) de estos nervios informan al sistema nervioso central sobre los cambios en el entorno. Las neuronas eferentes luego transmiten las respuestas del sistema nervioso central a los órganos efectores,

como músculos, glándulas y diversos órganos, que realizan los ajustes necesarios para mantener la homeostasis. Las divisiones o ramas eferentes del sistema nervioso periférico constan de dos partes: la división motora somática y la división autónoma (18).

La división motora somática representa neuronas en los núcleos de materia gris de la médula espinal anterior o del tronco encefálico. Las terminales del axón terminarán en el músculo esquelético. Su efecto sobre el músculo objetivo es una contracción voluntaria, puramente excitatoria (20).

El sistema nervioso autónomo se divide en las partes simpática y parasimpática. Estas dos partes tienen orígenes diferentes a nivel de la médula espinal y afectan a distintos órganos diana, como el músculo liso, el músculo cardíaco, las glándulas endocrinas y exocrinas, así como algunos tejidos, como el tejido adiposo. Estas reacciones son involuntarias y pueden ser excitatorias o inhibitorias. En el sistema nervioso periférico la duramadre y la piamadre se fusionan cubriendo los nervios raquídeos, los nervios craneales y los ganglios periféricos (18).

1.3. Epidemiología

Según la Organización Internacional del Trabajo, los accidentes laborales causan más de 2,78 millones de muertes al año en todo el mundo, y aproximadamente el 10% de estos casos involucran lesiones traumáticas del SNC y SNP (21). Además, por cada muerte relacionada con accidentes de trabajo, se estima que ocurren al menos 374 accidentes no mortales que causan lesiones graves y pueden generar discapacidad temporal o permanente.

Los traumatismos craneoencefálicos (TEC) constituyen una de las principales causas de morbilidad en entornos laborales, especialmente en sectores de alto riesgo como la construcción, la minería y el transporte. Un estudio realizado por Toccalino et al. analizó la prevalencia y mortalidad del traumatismo craneoencefálico en el ámbito laboral. Los metaanálisis revelaron que el 17,9%

de los TEC estaban relacionados con el trabajo y que el 6,3% de las lesiones laborales derivaron en TEC, con una mortalidad del 3,6%. La mayoría de los afectados eran hombres (76,2%) con una edad promedio de 40,4 años. Los sectores con mayor incidencia fueron educación, atención médica, construcción, manufactura y transporte, mientras que las principales causas incluyeron caídas, impacto por objetos o personas, colisiones vehiculares y agresiones (22).

El traumatismo es una de las principales causas de neuropatía periférica en la población general y la más frecuente en personas jóvenes, con una incidencia estimada entre el 1,46 % y el 2,8 %, afectando principalmente las extremidades superiores. En las extremidades superiores, el nervio radial es el más afectado, seguido por el nervio cubital y el mediano. En las extremidades inferiores, el nervio más frecuentemente comprometido es el ciático, seguido del nervio peroneo. (23).

Las lesiones del SNP, por otro lado, son altamente prevalentes en ocupaciones que implican movimientos repetitivos, manipulación de herramientas y exposición a vibraciones. Se estima que el síndrome del túnel carpiano afecta aproximadamente al 3-6% de la población trabajadora, con una incidencia particularmente alta en empleados de la industria manufacturera, trabajadores administrativos y operarios de maquinaria pesada (11).

Los traumatismos, incluidos los neuro-traumatismos, provocan graves problemas de salud, incluso en centros con experiencia, las tasas de mortalidad de los pacientes con traumatismos graves varían entre el 36% y el 50% (24).

El 21% de los pacientes con traumatismo craneoencefálico (TCE) leve desarrolla trastornos cognitivos al año de la lesión, mientras que hasta un 84% de los casos graves presentan alteraciones cognitivas que pueden persistir hasta dos años. En el entorno laboral, los traumatismos craneales suelen estar relacionados con caídas y accidentes de tráfico (25).

En el caso del traumatismo medular, la principal causa se atribuye a los accidentes de tráfico, los cuales representan el 38% de los nuevos casos cada año. Otras causas incluyen caídas (30%), episodios de violencia (13%) y lesiones deportivas (9%). A nivel mundial, entre 250.000 y 500.000 personas sufren lesiones de la médula espinal anualmente. En los Estados Unidos, se reportan alrededor de 17.000 nuevos casos cada año, y aproximadamente 282.000 personas viven con este tipo de lesión. La mayoría de las lesiones medulares ocurren en hombres, mientras que el grupo de edad con mayor riesgo es el comprendido entre 16 y 30 años (26).

Las muertes entre pacientes con lesiones múltiples ocurrieron en tres picos de frecuencia: el 50% sufrió lesiones que no pusieron en peligro su vida, como nódulos cerebrales, lesiones en el tronco encefálico o en la médula espinal, que resultaron en muerte inmediata (27).

Los estudios han demostrado que los hombres tienen una mayor incidencia de traumatismos neurológicos laborales que las mujeres, debido a su mayor representación en sectores industriales de alto riesgo, como la construcción, la minería y la agricultura (28). Sin embargo, las mujeres presentan una mayor prevalencia de lesiones del SNP relacionadas con movimientos repetitivos, como el síndrome del túnel carpiano y la neuropatía cubital, debido a su participación en trabajos administrativos y en la industria textil (29,30).

En términos de edad, los trabajadores jóvenes y los adultos mayores son los grupos más vulnerables. Los trabajadores jóvenes suelen verse afectados debido a su menor experiencia y percepción del riesgo, mientras que los adultos mayores presentan mayor susceptibilidad a lesiones por deterioro de la función neuromuscular y menor capacidad de recuperación tras un traumatismo (31).
Los traumatismos neurológicos laborales generan una alta carga económica debido a los costos de atención médica, rehabilitación y compensación por discapacidad. Health and Safety Executive calculó que el costo de las lesiones y enfermedades laborales en el Reino Unido asciende a £14 mil millones, lo que

representa aproximadamente el 1% del PIB. En Singapur, un estudio determinó que el impacto económico de estos problemas asciende a SG$10,45 mil millones, representando el 3,2% del PIB. A nivel global, la Organización Internacional del Trabajo estimó que los accidentes y enfermedades laborales generan una pérdida del 4% del PIB mundial. De manera similar, un informe reciente de la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo concluyó que la carga económica de estas afecciones equivale al 3,9% del PIB mundial y al 3,3% del PIB en Europa (32).

El impacto psicosocial también es significativo, ya que muchos trabajadores afectados presentan síntomas de ansiedad, depresión y disminución de la calidad de vida debido a la pérdida de funcionalidad y la incapacidad para retomar sus actividades laborales previas (33).

1.4. Factores y Sectores laborales de riesgo

Factores de Riesgo

Diversos factores contribuyen a la ocurrencia de traumatismos neurológicos en el ámbito laboral, entre ellos (34):

- **Factores ergonómicos:** Posturas inadecuadas, movimientos repetitivos y exposición prolongada a vibraciones.

- **Falta de medidas de seguridad:** Uso inadecuado o ausencia de equipos de protección personal (EPP).

- **Ambientes laborales peligrosos:** Presencia de maquinaria pesada, herramientas de impacto y trabajos en altura.

- **Carga de trabajo y fatiga:** Jornadas prolongadas que aumentan la probabilidad de errores y accidentes.

También son considerados como factores de riesgo clave para los accidentes laborales la juventud (35) y la edad avanzada, el trabajo en turnos, las jornadas extensas, el género masculino, la ausencia de educación formal, el consumo habitual de alcohol y la poca experiencia laboral. Estos accidentes pueden provocar una morbilidad y mortalidad significativas, generar una carga económica, reducir la calidad de vida de las víctimas y tener repercusiones psicológicas a largo plazo (36).

Sectores de Riesgo

✓ Construcción:

Representa el sector de mayor riesgo. La industria de la construcción es una de las más peligrosas en términos de accidentes laborales, con una alta tasa de traumatismos neurológicos. En los últimos años, el sector de la construcción ha experimentado un crecimiento considerable y ha cobrado mayor relevancia. En 2022, se reportaron 65,257 accidentes laborales en este ámbito, lo que representa una leve reducción del 0.52% en comparación con 2021, cuando se registraron 65,598 casos (37).

Los trabajadores de la construcción están expuestos a múltiples factores de riesgo, entre los que destacan (38):

- Caídas desde altura: Representan una de las principales causas de traumatismo craneoencefálico (TCE) y lesión medular, con consecuencias que van desde conmociones cerebrales hasta paraplejia o tetraplejia.
- Golpes con objetos pesados: Impactos en la cabeza por herramientas o materiales de construcción pueden generar contusiones cerebrales y fracturas de cráneo.

- Accidentes con maquinaria pesada: El atrapamiento o impacto con grúas, excavadoras y montacargas puede provocar lesiones nerviosas periféricas, como la avulsión del plexo braquial.

Un estudio realizado por Trujillo y Orduz, analizó las causas de la accidentalidad laboral en alturas en la construcción en Cúcuta, evaluando una muestra de 10 empresas del sector. Los hallazgos señalaron que el uso inadecuado de los elementos de protección personal es una de las principales causas de los accidentes. También se identificó que algunos trabajadores realizan sus labores bajo los efectos del alcohol o sustancias psicoactivas, lo que compromete su seguridad. Además, factores como problemas personales que afectan la concentración y la falta de supervisión de un coordinador de alturas contribuyen al riesgo de accidentes (37).

Para mitigar estos riesgos, se han establecido normativas de seguridad, como el uso obligatorio de cascos, arneses de seguridad y la implementación de programas de capacitación en prevención de accidentes.

✓ Industria Manufacturera y Trabajo en Fábricas

El sector manufacturero es otro de los principales ámbitos laborales con alta incidencia de lesiones neurológicas, en particular de neuropatías compresivas y lesiones traumáticas del SNP. Entre los riesgos más comunes se encuentran:

- Movimientos repetitivos: Tareas que implican el uso constante de las manos, como ensamblaje de piezas o manipulación de herramientas, pueden generar neuropatías periféricas como el síndrome del túnel carpiano y la neuropatía cubital. Los movimientos repetitivos se definen como aquellos que tienen una duración inferior a 30 segundos y en los que más del 50% del ciclo de trabajo implica la acción responsable de la fricción irritante, afectando principalmente a las extremidades superiores. Genera una

considerable pérdida de días laborales y supone un alto costo económico y social (39).

Entre las enfermedades profesionales derivadas de movimientos repetitivos en los miembros superiores, el síndrome del túnel carpiano es una de las más comunes. En la industria pesquera, los trabajadores que realizan tareas como filetear y envasar pescado pueden repetir el mismo movimiento más de dos veces por minuto durante al menos dos horas de la jornada, aumentando significativamente su riesgo. En el caso de los pintores, el riesgo varía según la herramienta utilizada. Aquellos que emplean pincel presentan un riesgo alto en la extremidad superior derecha. Además, estudios han analizado la sobrecarga biomecánica en operadores de instalaciones de animales de laboratorio, quienes durante la limpieza de las áreas de trabajo realizan hasta 11 tareas en un periodo de cuatro horas al día, lo que los expone a un esfuerzo repetitivo constante (39).

- Exposición a vibraciones: Según la NIOSH, en la construcción, fabricación de muebles, trabajo de metales, fabricación de camiones y automóviles, así como en fundiciones, predominan las herramientas manuales debido a la naturaleza de las tareas que requieren precisión y control. En la agricultura y en la industria de la madera y madera aserrada, el uso de motosierras de gasolina es esencial para actividades de corte y procesamiento de materiales. Por otro lado, en el sector del acero, se emplean herramientas manuales eléctricas para la limpieza de hornos, mientras que, en la minería, los taladros neumáticos son fundamentales para la perforación y extracción de materiales. Estos equipos desempeñan un papel clave en la eficiencia de los trabajadores en cada industria, sin embargo, generan una gran exposición a vibraciones (40).

- Atrapamiento de extremidades en maquinaria: Lesiones mecánicas pueden provocar secciones nerviosas que generan déficits motores y sensitivos permanentes (41).

✓ Transporte y Conductores de Vehículos Pesados

Los trabajadores del sector transporte, incluyendo conductores de camiones, autobuses y operadores de maquinaria pesada, están expuestos a riesgos específicos que afectan su sistema nervioso. Entre las principales amenazas en este sector se encuentran:

- Exposición prolongada a vibraciones de cuerpo entero: Se ha relacionado con trastornos neurológicos como radiculopatías lumbares y deterioro de la función vestibular, provocando síntomas de mareo y alteraciones en la coordinación motora (42).

  Se ha evidenciado que la transmisión de vibraciones entre el asiento y la columna lumbar presenta una leve atenuación cuando la magnitud de la vibración es baja. Sin embargo, a medida que esta magnitud aumenta, la atenuación se incrementa hasta alcanzar aproximadamente 5 ms^{-2} en el asiento, lo que equivale al doble de la amplitud registrada en la columna lumbar. Diversos factores de riesgo pueden contribuir al desarrollo de estos trastornos, entre ellos las extensiones forzadas, posturas incómodas, niveles elevados de estrés, temperaturas extremas, movimientos repetitivos y actividades prolongadas. Además, características individuales como la edad, el género, el hábito de fumar, la práctica de ejercicio, las medidas antropométricas y antecedentes médicos también pueden influir (42).

- Fatiga y somnolencia: Conducir largas distancias con pocas pausas incrementa el riesgo de accidentes de tráfico, lo que puede derivar en traumatismos craneoencefálicos graves. Diversos informes estadísticos a nivel mundial, como el *CNS Traffic Safety Culture Index*, indican que el 33% de los accidentes causados por el conductor están relacionados con la falta de sueño, la fatiga física y mental, así como con la monotonía del

camino, factores que afectan su capacidad de reacción y atención al volante. (43,44).

- Impactos y colisiones: Accidentes viales pueden causar lesiones medulares, traumatismos cerebrales y daño en nervios periféricos debido a fuerzas de aceleración y desaceleración súbita (45).

✓ Minería: Riesgos Extremos para el Sistema Nervioso

El trabajo en minas es una de las actividades más peligrosas en términos de salud ocupacional, con múltiples factores que pueden desencadenar traumatismos neurológicos. Entre los principales riesgos en este sector se encuentran:

- Derrumbes y explosiones: Pueden causar traumatismos craneoencefálicos severos y lesiones de la médula espinal. Las explosiones pueden causar daños en múltiples sistemas del cuerpo mediante diversos mecanismos. Los pacientes que presentan sospecha de lesión por explosión y traumatismo multisistémico deben ser evaluados y reanimados de manera sistemática, considerando las lesiones específicas que este tipo de eventos puede generar. Aunque los órganos llenos de aire suelen ser los más afectados, también pueden producirse daños graves en el corazón y el cerebro (46).

  Las explosiones subterráneas en minas de carbón representan una de las principales causas de accidentes en esta industria. Estas explosiones suelen ocurrir debido a la acumulación de metano y polvo de carbón en excavaciones con deficiencia de ventilación. En estas condiciones, una simple chispa puede desencadenar una explosión de gran magnitud, lo que aumenta el riesgo de derrumbes y pone en peligro la vida de los trabajadores (47).

- Exposición a vibraciones y maquinaria pesada: Herramientas como martillos neumáticos y perforadoras incrementan la prevalencia del síndrome de vibración mano-brazo.

✓ Agricultura

Los trabajadores agrícolas enfrentan riesgos únicos para la salud neurológica, incluyendo:

- Caídas de árboles o estructuras: Pueden provocar traumatismos craneales y lesiones raquimedulares (48). Fuentes del sector agrario revelan que la mayoría de los accidentes laborales en esta industria están vinculados al uso de maquinaria agrícola. En particular, destacan los vuelcos causados por desniveles del terreno, el trabajo en pendientes o errores en su manejo. También son frecuentes las caídas al subir o bajar de los vehículos o equipos, los atrapamientos y golpes con distintas partes, como las del tractor, los atropellos y los incidentes durante la instalación de accesorios como arados, entre otros (49).

- Uso prolongado de herramientas mecánicas: Contribuye al desarrollo de neuropatías periféricas por vibraciones (50).

- Exposición a pesticidas y neurotóxicos: Se ha demostrado que la exposición crónica a pesticidas organofosforados y carbamatos puede generar neuropatías periféricas y trastornos del SNC, incluyendo deterioro cognitivo y alteraciones en la memoria (51). La exposición aguda a pesticidas es reconocida por sus efectos neurotóxicos, pero la información sobre sus impactos a largo plazo es limitada. Algunos estudios previos sobre exposición crónica han identificado una elevada frecuencia de síntomas neurológicos, alteraciones en la conducta, así como disfunción cognitiva y psicomotora (52).

✓ Salud

Los trabajadores del sector salud también están expuestos a lesiones neurológicas, aunque a menudo se subestiman sus riesgos. Entre los peligros más comunes se encuentran:

- Movilización de pacientes: Puede provocar lesiones por sobrecarga mecánica, especialmente en la columna vertebral (53). El 72% de las enfermeras padecen lumbalgia crónica inespecífica. Esta afección se relaciona con el absentismo laboral, la disminución de la eficiencia, el incremento de la carga económica, la reducción de la calidad de vida y el desarrollo del síndrome de desgaste profesional en los trabajadores de la salud (54).

- Los suelos mojados, los derrames y el desorden pueden causar resbalones, tropiezos y caídas. Asimismo, la falta de mantenimiento adecuado de los vehículos, la capacitación deficiente de los operadores y la ausencia de medidas de seguridad incrementan el riesgo de accidentes en ambulancias (55).

- Accidentes con objetos punzocortantes: Riesgo de lesiones nerviosas periféricas y exposición a agentes infecciosos.

1.5. Clasificación y mecanismo de lesiones traumáticas del sistema nervioso

Lesiones traumáticas del sistema nervioso central

a) Traumatismo encéfalo craneano

Un tipo frecuente de TEC relacionado al trabajo, son las lesiones cerebrales traumáticas (LCT); las cuales representan el 18% de los aproximadamente 1,7 millones de casos que ocurren anualmente en los Estados Unidos. Estas lesiones se consideran una de las más graves en el ámbito laboral, ya que

pueden provocar deterioros cognitivos, psicológicos y emocionales a largo plazo, afectando la calidad de vida de los trabajadores (22,56,57).

El impacto económico es significativo, con costos de tratamiento que oscilan entre $600 000 y $ 1,8 millones por caso, sin considerar la productividad perdida. Entre los sectores laborales, la industria de la construcción es la más afectada, representando el 25% de todas las lesiones cerebrales traumáticas ocupacionales en EE. UU. (58–60).

Las caídas son la principal causa de LCT en este sector, siendo responsables del 68% de los casos, seguidas por los impactos de objetos en caída, que representan el 12%. Incluso fuera de la construcción, las caídas continúan siendo el factor predominante, representando el 64% de las LCT en otros entornos laborales (61).

Entre los traumatismos craneoencefálicos relacionados con el trabajo causados por caídas, se ha identificado que el 51% de estas ocurren desde una altura menor a 6 pies, mientras que el 40% son resultado de tropiezos a nivel del suelo. Esto indica que no solo las caídas desde grandes alturas representan un riesgo significativo, sino también aquellas que ocurren en superficies planas, resaltando la importancia de mejorar la seguridad en todos los entornos laborales (62).

La lesión cerebral traumática representa un problema global de salud pública que se asocia a la morbilidad y mortalidad de orden significativo, además de ser una condición heterogénea que se manifiesta como una alteración severa de la función del cerebro, que se ocasiona por ondas violentas, aceleración, rotación, convulsiones o penetración de la fuerza no penetrante, y puede manifestarse en diversos entornos, sobre todo en accidentes laborales y o en algunos deportes, de sobrevivir se experimenta discapacidades físicas, conductuales, trastornos de la personalidad o discapacidades cognitivas claras en sus últimos años de vida .

Clasificación:

- ✓ Leve: Las personas con lesiones en la cabeza que presentan pérdida de la conciencia por menos de cinco minutos y amnesia postraumática de corta duración se clasifican como casos leves. Al ingresar al servicio de emergencias o poco después, estos pacientes se encuentran conscientes, orientados y con una puntuación en la Escala de Coma de Glasgow entre 13 y 15. Es posible que presenten heridas en el cuero cabelludo o hematomas subgaleales, pero sin fracturas en la base o bóveda craneal. También pueden experimentar síntomas como cefalea, náuseas y vómitos persistentes. La mayoría de las personas con traumatismos craneales leves se recuperan sin complicaciones y requieren mínima atención médica (63).

  Existe una condición conocida como síndrome postraumático, una complicación preocupante que puede derivarse de un traumatismo craneoencefálico leve (27).

- ✓ Moderado: Este grupo comprende pacientes con traumatismo encéfalo-craneano que presentan puntuaciones en la Escala de Coma de Glasgow entre 9 y 12, junto con alteración del estado de conciencia o pérdida de memoria por más de cinco minutos. Además, pueden experimentar cefalea progresiva, intoxicación por alcohol o drogas, antecedentes médicos poco claros, dificultad para realizar actividades, convulsiones postraumáticas, lesiones múltiples o traumatismo facial grave, aunque sin manifestaciones de un traumatismo craneoencefálico severo (27).

- ✓ Grave: Se considera una lesión grave; cuando se obtiene una puntuación en la escala de coma de Glasgow de 8 o menos, una reducción de 2 o más puntos en dicha escala, y una disminución del nivel de conciencia que no esté relacionada con el consumo de alcohol, drogas, trastornos metabólicos o estado postictal. Además, se consideran signos

neurológicos focales, fracturas deprimidas o fracturas craneales penetrantes (64).

Mecanismo: El TEC se desarrolla en dos fases.
La fase primaria: El daño directo tras un impacto se debe a efectos biomecánicos o a fuerzas de aceleración-desaceleración. Dependiendo del mecanismo y la cantidad de energía transferida, puede provocar lesión celular, desgarro y retracción axonal, así como alteraciones vasculares. La severidad del daño está determinada por la magnitud, dirección y punto de impacto de las fuerzas involucradas. Las lesiones pueden clasificarse en focales y difusas. Entre las lesiones focales se encuentra la contusión cerebral, la cual resulta de fuerzas inerciales que impactan directamente el cerebro. En contraste, las lesiones difusas, como la lesión axonal difusa, son consecuencia de fuerzas de estiramiento, cizallamiento y rotación, que afectan la conectividad neuronal (65).

La fase secundaria se inicia horas después del traumatismo y es la principal causa del deterioro clínico en la evolución del TEC. Ocurre como resultado de una serie de procesos metabólicos, moleculares, inflamatorios y vasculares que se desencadenan tras el traumatismo. Estos mecanismos activan cascadas bioquímicas que aumentan la liberación de aminoácidos excitotóxicos, como el glutamato, el cual estimula los receptores NMDA y AMPA. Esta activación provoca alteraciones en la permeabilidad de la membrana celular, favoreciendo la acumulación de agua intracelular, la liberación de potasio al espacio extracelular y una entrada masiva de calcio en la célula. Como consecuencia, se activa la producción de enzimas como proteinasas, lipasas y endonucleasas, lo que puede llevar a la muerte celular inmediata por necrosis o inducida por apoptosis (66,67).

En el trauma cerebral, se pierde la autorregulación del flujo sanguíneo cerebral, lo que genera un aumento de la presión intracraneal y, como consecuencia, una reducción tanto de la presión de perfusión cerebral como

del flujo sanguíneo cerebral (68). La alteración del flujo sanguíneo cerebral ocurre en las primeras 24 horas posteriores al trauma, favoreciendo la aparición de eventos isquémicos que alteran los gradientes iónicos y afectan la fosforilación oxidativa, lo que conduce a la acumulación de lactato. La elevación de los niveles de lactato provoca acidosis, lo que genera disfunción neuronal, ruptura de la barrera hematoencefálica y edema cerebral (69).

Este proceso puede llevar a la despolarización neuronal y a la liberación excesiva de neurotransmisores excitatorios como el glutamato y el aspartato, afectando la homeostasis de calcio, potasio y sodio (70). El aumento de Ca^{2+} intracelular activa diversas enzimas, promoviendo la muerte celular tanto de forma directa como a través de la activación de la apoptosis. Además, el incremento del flujo de Ca^{2+} en las mitocondrias favorece la producción de especies reactivas de oxígeno (69).

El estrés oxidativo acelera la neurodegeneración al inducir la peroxidación lipídica de las membranas celulares, especialmente a nivel axonal. Estos procesos también desencadenan una respuesta inflamatoria caracterizada por la activación de macrófagos, linfocitos T, neutrófilos y células gliales, las cuales liberan citocinas proinflamatorias como el factor de necrosis tumoral alfa, interleucina-1 beta e interleucina-6 (68).

Los axones, debido a su estructura alargada, son vulnerables a lesiones mecánicas por impacto, lo que puede causar axotomía primaria o degeneración axonal secundaria. Regiones como la unión entre la materia gris y blanca son más propensas al daño, y la mielinización puede ofrecer cierta protección. La deaferenciación axonal interrumpe las conexiones neuronales, afectando la regeneración sináptica y dificultando la recuperación en lesiones graves. En la lesión axonal difusa, la alteración del citoesqueleto axonal causa proteólisis, hinchazón y disfunción neuronal, afectando la sustancia blanca frontal y temporal, el cuerpo calloso y el

tronco encefálico. Esto genera déficits neurológicos bilaterales y afecta la comunicación entre neuronas, reduciendo las posibilidades de recuperación (71).

b) Traumatismo medular

La lesión medular es una de las discapacidades más devastadoras que puede experimentar una persona, ya que conlleva consecuencias físicas, psíquicas, sociales y económicas significativas. Su impacto varía según el nivel y la extensión de la lesión, generando parálisis, pérdida de sensibilidad, disfunción sexual y alteraciones en la vejiga e intestino, lo que limita considerablemente la calidad de vida del paciente. En términos epidemiológicos, se ha convertido en la tercera causa de muerte en el mundo occidental. Su gravedad radica en las complicaciones que surgen tras el trauma, entre ellas la pérdida de la función neuromotora y autonómica (72).

Tras la lesión inicial, se presenta un período de shock medular, caracterizado por la pérdida de fuerza muscular y disminución de reflejos por debajo del nivel de la lesión. Este estado suele durar entre 24 y 48 horas, aunque en algunos casos puede persistir durante semanas. Posteriormente, el paciente evoluciona a una lesión medular establecida, manifestada por espasticidad y aumento de reflejos en los músculos situados por debajo del nivel afectado (26).

El traumatismo medular puede presentar dos tipos de lesiones:

- ✓ Lesión incompleta: Se caracteriza por una alteración parcial de la función motora o sensitiva que afecta al menos tres niveles por debajo del sitio de la lesión. Dentro de esta categoría se incluyen el síndrome medular central, el síndrome de Brown-Séquard, el síndrome medular anterior y el síndrome medular posterior.

- ✓ Lesión completa: Se define por la ausencia total de función motora y sensitiva por debajo del nivel de la lesión. En algunos casos, ciertas lesiones incompletas pueden mostrar mejoría en las primeras 24 horas.

Mecanismo: El daño a la médula espinal puede manifestarse como una contusión o una transección, siendo la contusión la forma más frecuente. La compresión persistente tras el impacto desencadena una serie de eventos que conducen a la discapacidad en la lesión medular espinal.

Fase Primaria de la Lesión

La lesión primaria ocurre en el momento del impacto inicial, como en el caso de una fractura por estallido con un fragmento óseo retropulsado que comprime la médula. Sus características principales incluyen hemorragia local, edema e isquemia, que progresan y desencadenan la fase secundaria. Los mecanismos que provocan esta lesión pueden ser compresión, distracción o traslación de la columna vertebral. La interrupción de los vasos sanguíneos en el sitio del impacto genera hemorragias localizadas dentro del tejido medular. La formación de coágulos y el edema desplazan los tejidos neuronales y gliales, aumentando la presión local y exacerbando la isquemia. A medida que el flujo sanguíneo se reduce, las neuronas y células gliales pierden el aporte de oxígeno y glucosa, lo que contribuye a su degeneración (73).

El edema es un factor clave en la progresión de la lesión secundaria. El impacto traumático inicial aumenta la permeabilidad de la barrera hematoespinal, facilitando la entrada de sustancias osmóticamente activas que agravan la inflamación y el daño celular. El trauma mecánico inicial puede destruir directamente el tejido medular o dañarlo mediante fragmentos óseos o discales que provocan laceraciones y transecciones en la médula y estructuras adyacentes. Se ha propuesto que la sustancia gris sufre un daño irreversible en la primera hora posterior a la lesión, mientras que la sustancia blanca puede resistir hasta 72 horas, lo que sugiere un margen terapéutico para minimizar la progresión del daño (74).

Fase secundaria de la lesión

Se desarrolla en las horas y días posteriores al trauma, y es responsable de la progresión del daño neuronal. Este proceso se caracteriza por la activación de una cascada bioquímica que incluye disrupción de la barrera hematoencefálica, alteraciones vasculares, excitotoxicidad, estrés oxidativo e inflamación. La reducción del flujo sanguíneo en la médula genera una isquemia progresiva, lo que impide la adecuada oxigenación y nutrición de las células, favoreciendo la muerte neuronal. Además, la liberación excesiva de glutamato, un neurotransmisor excitatorio, desencadena una entrada masiva de calcio en las células, activando proteasas y otras enzimas que degradan estructuras neuronales esenciales. A esto se suma la producción de radicales libres que dañan las membranas celulares y contribuyen al deterioro progresivo del tejido (75).

Otro aspecto crucial de esta fase es la respuesta inflamatoria, en la cual macrófagos, neutrófilos y células gliales liberan citocinas proinflamatorias como el TNF-α, la IL-1β y la IL-6. Aunque esta respuesta busca reparar el tejido dañado, en muchos casos prolonga la destrucción celular y favorece la degeneración de los axones. Además, la activación de la microglía y la persistencia de procesos inflamatorios pueden desencadenar una inflamación crónica que impide la regeneración neuronal (76).

Lesiones traumáticas del sistema nervioso periférico

Las lesiones traumáticas de los nervios periféricos comprenden diversas afecciones que ocasionan daño en uno o más nervios, pudiendo provocar la pérdida de funciones motoras o sensoriales.

Las lesiones de los nervios periféricos ocurren por fuerzas que afectan la neurona, sus axones o la mielina. Pueden deberse a tracción, compresión, sección, térmicas, eléctricas o por radiación, generando desmielinización o degeneración walleriana. Las lesiones mecánicas (especialmente por tracción) son las más frecuentes. Factores como la ubicación anatómica y la estructura

fascicular influyen en la susceptibilidad del nervio. Por ejemplo, el nervio axilar es vulnerable en luxaciones de hombro. Las raíces nerviosas son más frágiles ante tracción y compresión debido a su estructura menos protegida (77).

Degeneración y regeneración:

Cuando una neurona se separa de su soma, la parte distal degenera y es fagocitada (degeneración walleriana), mientras que la parte proximal sufre degeneración retrógrada. Este proceso varía según el tipo de fibra y su mielinización. En los primeros días, el axón distal aún responde a estímulos, pero luego se fragmenta y la mielina se encoge. Hacia la primera semana, los macrófagos limpian los restos en 15-30 días, mientras las células de Schwann proliferan para facilitar la regeneración. Si el tubo endoneural está intacto, los axones se regeneran correctamente y la recuperación es completa. Si está dañado, los brotes axonales pueden crecer desorganizados, formando neuromas o reinnervando áreas incorrectas (78).

Mecanismo:

Lesiones por Tracción

Los nervios tienen cierta resistencia a las lesiones por estiramiento gracias a su elasticidad y fuerza tensil. Esta resistencia se debe a su curso ondulante en el miembro y a las propiedades del perineuro. Cuando la tensión aumenta, primero se pierde la ondulación, luego el perineuro resiste hasta su eventual ruptura, dependiendo de la magnitud, duración y velocidad de la fuerza aplicada (79).
Lesiones por Compresión

Los nervios pueden resistir la compresión gracias al epineuro, que disipa la presión externa. Los nervios con más epineuro y mayor número de fascículos pequeños son más resistentes. El nervio peroneo es más vulnerable debido a su menor cantidad de epineuro, menos grasa protectora y menor irrigación

sanguínea. Las fuerzas compresivas pueden lesionar el axón/mielina y generar edema endoneural, lo que aumenta la presión interna y compromete la función nerviosa. Compresiones breves causan síntomas transitorios (hormigueo), mientras que compresiones prolongadas pueden llevar a debilidad y entumecimiento. Sin embargo, la reinnervación suele ser favorable porque las estructuras de soporte permanecen intactas. Los nervios más vulnerables a la compresión son los que atraviesan espacios estrechos, bordean estructuras óseas o son superficiales, como el radial (surco espiral), peroneo común (cuello del peroné) y cubital (surco cubital) (80).

Lesiones por Sección

Ocurren cuando los nervios son cortados completa o parcialmente, ya sea por mecanismos agudos (heridas cortantes) o contusos (rupturas irregulares). En las lesiones completas, los extremos se separan, impidiendo la regeneración axonal y dificultando la reinnervación, lo que lleva a un peor pronóstico (77).

Clasificación de lesiones

a) Neuropatías traumáticas

- ✓ Síndrome del túnel carpiano: El síndrome del túnel carpiano es el atrapamiento de nervios periféricos más frecuente. Su causa puede estar relacionada con factores como movimientos repetitivos, predisposición genética, traumatismos y ciertas condiciones médicas, como diabetes, embarazo y obesidad mórbida. Trabajadores que usan computadoras, herramientas manuales o maquinaria vibratoria tienen mayor riesgo. Es más común en mujeres y adultos mayores. Se identifican síntomas como entumecimiento, hormigueo, debilidad en la oposición del pulgar, parestesia nocturna y dolor tipo "hormigueo" en los primeros 3 dedos de la mano y mitad radial del cuarto. Se pueden utilizar maniobras provocadoras para confirmar la sospecha, signo de Phanel y Tinel

positivos y, en casos de duda, pruebas como estudios electrodiagnósticos, ecografía o resonancia magnética. El tratamiento depende de la gravedad: en casos leves e intermitentes, se recomiendan medidas conservadoras; mientras que, en síntomas moderados o severos, los estudios de conducción nerviosa o electromiografía ayudan a determinar la evolución del trastorno. Si hay daño axonal significativo, la cirugía puede ser necesaria. La liberación quirúrgica del túnel carpiano es actualmente la cirugía de mano más realizada (81).

- ✓ Parálisis del nervio cubital: Se produce por compresión en el canal cubital (codo). Afecta la función de la mano, causando debilidad y la deformidad en "garra". Puede originarse por traumatismos directos o apoyos prolongados en el codo. Clínicamente, se manifiesta con dificultad para flexionar las articulaciones metacarpofalángicas y extender las interfalángicas, reduciendo la fuerza de agarre, debilidad en la pinza lateral. El diagnóstico es clínico, apoyado en la prueba de Bouvier y estudios electrofisiológicos. El tratamiento varía según la gravedad: en casos leves, órtesis; en severos, transferencias tendinosas o procedimientos quirúrgicos como capsulodesis para mejorar la funcionalidad de la mano. La rehabilitación es clave para la recuperación (82).

- ✓ Compresión del nervio radial: La neuropatía compresiva del nervio radial ocurre cuando este nervio se ve atrapado, principalmente en la arcada de Frohse, afectando su función motora. Puede ser causada por traumatismos, uso repetitivo del antebrazo o compresión por estructuras anatómicas. Clínicamente, se manifiesta como debilidad en la extensión de los dedos y la muñeca sin afectar la sensibilidad (síndrome del nervio interóseo posterior) o como un dolor en el margen lateral del codo, similar a la epicondilitis lateral (síndrome del túnel radial). El diagnóstico se basa en la evaluación clínica y pruebas como el signo de Tinel y estudios electrofisiológicos. El tratamiento inicial es conservador, con

reposo, antiinflamatorios y fisioterapia. Si no hay mejoría en meses o existe una causa estructural, se opta por cirugía para liberar el nervio. La rehabilitación es clave para recuperar la movilidad y prevenir secuelas (83).

- ✓ Parálisis del nervio ciático: Es una afección que causa debilidad en la pierna y pie caído, junto con alteraciones sensitivas en la parte posterior del muslo y el pie; además se evidencia debilidad para la dorsiflexión del pie. Sus principales causas incluyen traumatismos, compresión nerviosa y enfermedades neurológicas. El diagnóstico se basa en la evaluación clínica, la prueba de Lasegue y estudios electrofisiológicos o de imagen en casos de compresión sospechada. El manejo varía según la causa y severidad. Se inicia con reposo, fisioterapia y analgésicos, mientras que en lesiones graves o persistentes se considera la cirugía descompresiva o transferencias tendinosas para mejorar la función (84).

b) Plexopatías

- ✓ Plexopatía braquial: La plexopatía braquial es una lesión del plexo braquial, que afecta la movilidad y sensibilidad del brazo. Suele ocurrir por tracción, compresión o heridas directas, siendo frecuente en accidentes de tránsito y lesiones traumáticas. Los síntomas incluyen debilidad, dolor neuropático y, en casos graves, síndrome de Horner y escápula alada. El diagnóstico se basa en evaluación clínica, electromiografía y resonancia magnética. El tratamiento varía según la gravedad: fisioterapia y analgesia en casos leves, mientras que en lesiones severas se requiere cirugía con injertos o transferencias nerviosas para restaurar la función (85,86).

- ✓ Plexopatía lumbosacra: Es una lesión del plexo lumbosacro que provoca dolor, debilidad muscular y alteraciones sensoriales en las piernas y la pelvis. Puede deberse a diabetes, traumatismos, tumores o embarazo. Las

fracturas del sacro y del anillo pélvico pueden causar lesión debido a la compresión o daño directo de las estructuras nerviosas en la región retroperitoneal. El hematoma resultante o la fractura misma pueden generar compresión nerviosa, isquemia o incluso sección nerviosa, afectando la movilidad y sensibilidad de la extremidad inferior. El diagnóstico se basa en la historia clínica, resonancia magnética y estudios electrofisiológicos. Tradicionalmente, el manejo ha sido conservador, pero en muchos casos los resultados han sido insatisfactorios, con déficits motores y sensitivos persistentes. Actualmente, en lesiones severas o con compromiso neurológico significativo, se puede considerar la descompresión quirúrgica temprana, junto con un enfoque rehabilitador intensivo, para mejorar la recuperación funcional (87).

Lesiones por vibraciones

Las vibraciones son movimientos oscilatorios rápidos y constantes que ocurren en objetos o materiales en relación con su posición de equilibrio, pudiendo propagarse al cuerpo humano o a alguna de sus partes. En el ámbito laboral, las vibraciones pueden originarse a partir de maquinaria, herramientas manuales motorizadas, vehículos, entre otros. Su causa puede estar relacionada con componentes en movimiento desequilibrados, flujos de fluidos turbulentos, impactos, impulsos o colisiones de objetos.

Clasificación

a) Síndrome por vibración mano-brazo: Las vibraciones se transmiten al cuerpo a través de las manos y brazos del trabajador debido al agarre y sujeción de herramientas que generan vibración. Esto ocurre principalmente con herramientas mecánicas portátiles como taladros, martillos neumáticos, radiales, atornilladores y sierras de corte, así como con máquinas vibrátiles operadas manualmente, como fratasadoras o pisones compactadores. Este tipo de vibraciones afecta al sistema mano-brazo, causando daños en la zona

de contacto con la fuente vibratoria. La afección más común y estudiada es el Síndrome de Raynaud ocupacional, conocido como dedo blanco inducido por vibraciones, el cual se debe a alteraciones vasculares. Sin embargo, la vibración también puede propagarse al resto del cuerpo, generando otros problemas de salud. El rango de frecuencia de las vibraciones mano-brazo se sitúa entre 8 Hz y 1.000 Hz (88).

Mecanismo: La transmisión de vibraciones en los dedos, manos y brazos influye en la aparición de lesiones y depende de factores como la frecuencia, magnitud, dirección y respuesta dinámica del sistema mano-brazo. Las vibraciones de baja frecuencia (<50 Hz) se transmiten fácilmente por la mano y el antebrazo, mientras que las de alta frecuencia (>50 Hz) se disipan progresivamente en los tejidos. Las primeras pueden causar lesiones en muñeca, codo y hombro, mientras que las segundas afectan los tejidos blandos de los dedos y la mano. El riesgo de lesión aumenta con una mayor presión de agarre y fuerza estática, ya que incrementan la cantidad de vibración absorbida. Estos datos son clave para el desarrollo de dispositivos antivibración, como mangos ergonómicos y guantes especializados, que ayudan a reducir el impacto de las vibraciones en los trabajadores (89).

La exposición a vibraciones genera vasoconstricción en las arterias de las manos y dedos, provocando engrosamiento de la pared muscular, fibrosis periarterial y daño en las células endoteliales y sus receptores. Este daño en el endotelio favorece la agregación plaquetaria y la liberación de sustancias como serotonina, tromboxano, epinefrina, norepinefrina y endotelina-1, mientras que los niveles de vasodilatadores como óxido nítrico y prostaciclina disminuyen. A nivel nervioso, la exposición a vibraciones puede causar edema tisular y vasoespasmo, lo que conlleva a desmielinización, atrofia axonal, degeneración celular y fibrosis. También se observa una proliferación anormal de células de Schwann, lo que afecta la función sensorial. La percepción de las vibraciones ocurre a través de mecanorreceptores cutáneos, como los corpúsculos de Meissner y Pacini,

que transmiten la información mediante fibras A-β mielinizadas. Sin embargo, la vibración también puede dañar las fibras A-δ y las fibras C amielínicas, que son responsables de la percepción térmica. Por esta razón, los umbrales de sensibilidad a la temperatura y a las vibraciones pueden utilizarse para evaluar alteraciones neurosensoriales en trabajadores expuestos a vibraciones (90).

b) Síndrome por vibración global o cuerpo entero: Las vibraciones que afectan al cuerpo entero se producen cuando una gran parte del cuerpo del trabajador está en contacto con una superficie que genera vibraciones. Generalmente, esto ocurre cuando el trabajador permanece sentado en equipos de trabajo móviles, donde la vibración se transmite a través del asiento y respaldo del vehículo. Estas vibraciones pueden originarse en carretillas elevadoras, dúmpers, excavadoras, camiones y plataformas vibrantes. Si el trabajador está de pie sobre un suelo vibrante, la transmisión ocurre a través de los pies. La vibración transmitida al cuerpo entero representa un riesgo para la salud y seguridad de los trabajadores, pudiendo provocar lumbalgias y lesiones en la columna vertebral. El rango de frecuencia de estas vibraciones se sitúa entre 1 Hz y 80 Hz (88).

   Mecanismo: Las vibraciones globales ingresan al cuerpo a través del asiento, respaldo o pies, propagándose por la columna, músculos y órganos internos. La columna vertebral, con una frecuencia de resonancia entre 4 y 8 Hz, amplifica las vibraciones, causando microtraumatismos, desgaste discal y lumbalgias, después las vibraciones generan contracciones musculares involuntarias, provocando rigidez, dolor crónico y afectación de las articulaciones. La exposición prolongada induce vasoconstricción y alteraciones en el retorno venoso, favoreciendo hipertensión y problemas vasculares. Por otro lado, el estrés mecánico afecta el aparato digestivo y reproductivo, aumentando el riesgo de gastritis, reflujo y alteraciones menstruales o prostáticas. También pueden afectar el oído interno,

provocando mareos, fatiga y desequilibrio, además de estrés crónico y alteración del sueño (91).

Al igual que cualquier estructura mecánica, el cuerpo humano tiene frecuencias de resonancia en las que su respuesta a las vibraciones es máxima. Sin embargo, existen múltiples puntos de resonancia que varían según la persona y su postura. Para analizar cómo la vibración genera movimiento en el cuerpo, se utilizan dos parámetros mecánicos: transmisibilidad e impedancia. La transmisibilidad mide la cantidad de vibración que se transfiere de una superficie al cuerpo, por ejemplo, del asiento a la cabeza. Esta transmisión depende de la frecuencia, dirección del movimiento y postura del cuerpo. En el caso de la vibración vertical en un asiento, la cabeza puede experimentar vibraciones en distintos ejes, alcanzando su máxima transmisión en frecuencias entre 3 y 10 Hz. Por otro lado, la impedancia mecánica representa la fuerza necesaria para mover el cuerpo a cada frecuencia. Aunque depende de la masa corporal, la impedancia vertical del cuerpo alcanza su resonancia alrededor de 5 Hz, lo que influye en la manera en que la vibración se propaga a través de los asientos y otras superficies de contacto (89).

II. MANIFESTACIONES CLÍNICAS Y MÉTODOS DIAGNÓSTICOS

2.1 Cuadro clínico

Lesiones traumáticas del sistema nervioso central

Trauma Cerebral

En casos leves, los pacientes pueden experimentar cefalea, mareos, confusión y pérdida breve de la conciencia, mientras que en lesiones moderadas y graves pueden presentarse amnesia prolongada, déficit neurológico focal y deterioro progresivo del estado de conciencia (92,93).

Entre los signos clínicos más relevantes se encuentra la hipertensión intracraneal, caracterizada por cefalea intensa y persistente, vómitos en proyectil, alteraciones pupilares y bradicardia con hipertensión arterial, lo que sugiere un posible compromiso cerebral severo (94). Dependiendo de la localización de la lesión, pueden aparecer déficits motores, alteraciones del lenguaje, trastornos visuales y cambios en la conducta (95).

Los pacientes con lesión axonal difusa pueden presentar un deterioro del nivel de conciencia sin evidencia clara en neuroimagen convencional, acompañado de espasticidad, alteraciones cognitivas y déficits en la coordinación motora (96). Además, en algunos casos, puede desencadenar complicaciones a largo plazo, como epilepsia postraumática, síndrome postconmocional y trastorno de estrés postraumático, lo que impacta negativamente en la calidad de vida del paciente (97).

En cuanto al traumatismo medular; genera un cuadro clínico complejo que varía según el nivel y la severidad de la lesión. A nivel neurológico, se observa pérdida de la función motora y sensitiva por debajo de la lesión, con parálisis flácida y arreflexia en la fase aguda. En lesiones por encima de T6, puede presentarse

shock neurogénico, caracterizado por hipotensión y bradicardia debido a la pérdida del tono simpático. El compromiso respiratorio es más grave en lesiones cervicales altas (C1-C4), ya que afectan la función diafragmática, mientras que las lesiones torácicas pueden debilitar la musculatura intercostal y reducir la capacidad ventilatoria. También se presentan trastornos en la función urinaria e intestinal, con incontinencia o retención debido a la disrupción de los reflejos autónomos. Además, la alteración de la termorregulación impide la vasoconstricción y la sudoración, dificultando el mantenimiento de la temperatura corporal. En la fase inicial, muchos pacientes atraviesan un shock medular, un estado transitorio de pérdida total de funciones motoras, sensitivas y reflejas por debajo de la lesión, cuya recuperación es variable. Una evaluación rápida y un manejo adecuado son esenciales para mejorar el pronóstico y la calidad de vida del paciente (98).

Síndromes de Médula Espinal:

- ✓ La transección completa de la médula espinal: Provoca una pérdida total y bilateral de la función motora y sensorial por debajo del nivel de la lesión. Esto incluye la incapacidad para percibir el dolor, la temperatura, la propiocepción, la vibración y el tacto. Dependiendo del nivel afectado, las consecuencias varían. Las lesiones en la región lumbosacra afectan la movilidad y sensibilidad de las extremidades inferiores, además de comprometer el control intestinal, vesical y la función sexual. En el caso de lesiones torácicas, además de estos déficits, puede presentarse debilidad en los músculos del tronco, lo que genera problemas posturales. Cuando la lesión ocurre en la médula cervical, se añade la pérdida de la función de las extremidades superiores, llevando a la tetraplejia. Si la afectación se encuentra por encima de C5, también puede comprometer la respiración debido a la pérdida de la inervación del diafragma (98,99).

- ✓ Síndrome de la médula espinal central: Es el más frecuente y suele originarse por hiperextensión cervical, lo que genera una compresión de la

médula a nivel del cuello. Esta lesión se caracteriza por debilidad más pronunciada en las extremidades superiores que en las inferiores, debido a la disposición anatómica del tracto corticoespinal. Además, puede haber pérdida de la sensibilidad al dolor y a la temperatura por debajo del nivel de la lesión (100).

- ✓ Síndrome del cordón anterior: Generalmente asociado a una disminución del flujo sanguíneo en la arteria espinal anterior. Su manifestación principal es la pérdida bilateral de la sensibilidad al dolor y la temperatura, junto con la parálisis de los músculos situados por debajo del nivel afectado. No obstante, las sensaciones de tacto fino, vibración y propiocepción se conservan, ya que las columnas dorsales permanecen intactas (101).

- ✓ Síndrome de la médula espinal posterior: Es menos frecuente en el contexto traumático y se asocia más comúnmente con infecciones, toxicidad o trastornos metabólicos. Se caracteriza por la alteración de la percepción táctil, vibratoria y propioceptiva, mientras que la función motora y la percepción del dolor y la temperatura se mantienen sin cambios (102).

- ✓ Síndrome de Brown-Séquard: Causado por una hemisección medular unilateral, provoca un patrón de déficits motores y sensoriales característico. En el lado de la lesión, se pierde la función motora, la propiocepción y la percepción de vibración y tacto. En el lado opuesto, la afectación se manifiesta con pérdida de la sensibilidad al dolor y la temperatura, debido a la interrupción del tracto espinotalámico (103,104).

- ✓ Síndrome del cono medular: La lesión ocurre en la región más distal de la médula, cerca de la cola de caballo. Este síndrome se caracteriza por disfunción de los nervios sacros, lo que se traduce en la pérdida de los reflejos del tendón de Aquiles, junto con alteraciones en el control intestinal, vesical y en la función sexual (105).

- ✓ Choque neurogénico: Es una complicación grave que puede ocurrir en lesiones cervicales altas debido al daño de los ganglios cervicales. La interrupción del tono simpático genera una respuesta inadecuada del sistema cardiovascular, resultando en hipotensión y bradicardia. Este estado requiere atención médica inmediata, ya que puede comprometer la estabilidad hemodinámica del paciente (106).

Dolor crónico

Diversos estudios han demostrado que las personas que sufren lesiones traumáticas tienen una alta probabilidad de desarrollar dolor crónico. En particular, las lesiones que afectan el sistema nervioso central presentan este tipo de dolor en aproximadamente el 51.5% de los casos. Asimismo, se ha evidenciado que las lesiones en el sistema nervioso también pueden manifestarse en la médula espinal, lo que contribuye a la aparición de dolor crónico debido a la remodelación del SNC. Este tipo de dolor, conocido como dolor neuropático, puede surgir de manera espontánea o en respuesta a un estímulo, generando una reacción anómala ante este (107–109).

En cuanto al dolor relacionado con lesiones medulares, este suele manifestarse con sensaciones punzantes, descargas eléctricas e incluso entumecimiento. Estas características permiten clasificar a los pacientes en dos grupos: aquellos que experimentan dolor en reposo, el cual puede ser desencadenado por presión o alodinia, y aquellos que presentan dolores evocados, los cuales se desencadenan por estímulos térmicos, ya sean fríos o calientes (110).

Así mismo, el dolor neuropático se distingue por la coexistencia de síntomas positivos y negativos. Entre los síntomas positivos se incluyen parestesias, dolor espontáneo y dolor evocado, mientras que los negativos se caracterizan por déficits sensoriales, lo que evidencia el daño neuronal subyacente. Además, se ha observado que el dolor puede surgir tras una lesión cerebral traumática,

aunque su detección y medición pueden ser complejas en pacientes inconscientes (111,112).

Lesiones traumáticas del sistema nervioso periférico

Alteraciones motoras: Cuando un nervio periférico se corta, se pierde toda función motora en la zona afectada distalmente. Los cambios electromiográficos relevantes no aparecen hasta pasados 8 a 14 días. La atrofia muscular inicia entre la segunda y cuarta semana, y avanza rápidamente, alcanzando una reducción del 50 al 70% en dos meses.

Alteraciones sensitivas: La pérdida de sensibilidad sigue la anatomía del nervio afectado, aunque la superposición con otros nervios puede dificultar la delimitación exacta. La zona con pérdida sensitiva completa, inervada exclusivamente por el nervio lesionado, se conoce como zona autónoma o aislada. Alrededor de esta, se encuentra una zona intermedia, con alteraciones táctiles y térmicas más extensas. Con el tiempo, la zona autónoma se reduce incluso antes de que ocurra regeneración nerviosa (113).

Alteraciones de los reflejos: La interrupción total de un nervio elimina por completo los reflejos mediados por él. Los reflejos afectados dependen del nivel de la lesión: Bicipital (C5), bicipital y estilorradial (C6), tricipital (C7), rotuliano (L4) y aquíleo (S1).

Alteraciones simpáticas: La lesión nerviosa provoca pérdida de sudoración, reflejo pilomotor y parálisis vasomotora en la zona afectada. La anhidrosis coincide en gran medida con el área de déficit sensorial. Un signo distintivo es la falta de arrugas al sumergir la piel en agua. En las lesiones completas, hay vasodilatación inicial con piel cálida y rosada, pero tras 2-3 semanas se torna fría y cianótica. También pueden aparecer alteraciones tróficas como piel delgada y frágil, deformidad en las uñas y osteoporosis, especialmente en manos y pies (113).

Causalgia: Es un síndrome doloroso intenso de tipo urente, resultado de la lesión de un nervio con fibras sensitivas. Puede manifestarse de inmediato o en la primera semana posterior al trauma. Factores emocionales como estrés o sorpresa pueden agravar el dolor. Se presenta en el 3% de los casos, siendo más común en lesiones incompletas. El diagnóstico se confirma con un bloqueo simpático a nivel cervical (si el dolor es en la mano) o lumbar (si afecta el pie) (113).

Lesiones por vibraciones

El impacto de las vibraciones en el cuerpo humano varía según su frecuencia y el tipo de maquinaria o vehículo que las origina (114).

- ✓ Las vibraciones de muy baja frecuencia (<1 Hz), generadas por medios de transporte como aviones, barcos y automóviles, pueden afectar el oído interno, causando mareos, náuseas y trastornos en el sistema nervioso central, lo que se conoce como mareo por movimiento.

- ✓ Las vibraciones de baja frecuencia (1-20 Hz), producidas por vehículos de transporte, maquinaria industrial y plataformas vibrantes, pueden provocar lumbalgias, hernias y alteraciones en la columna vertebral. Además, pueden afectar el equilibrio y causar trastornos en la visión y el oído.
- ✓ Las vibraciones de alta frecuencia (20-1000 Hz), generadas por herramientas manuales rotativas o percutoras como lijadoras, martillos neumáticos y rompe-hormigones, están asociadas a lesiones osteoarticulares, como artrosis en el codo, lesiones de muñeca y trastornos vasculares en las manos, incluyendo el síndrome de Raynaud. También pueden causar aumento de enfermedades estomacales debido al estrés mecánico en el organismo.

Las lesiones provocadas por la exposición a vibraciones pueden afectar tanto al cuerpo entero como al sistema mano-brazo, dependiendo del tipo de transmisión y la intensidad de la exposición.

Lesiones por vibraciones en el cuerpo entero

Este tipo de vibraciones se transmiten a través del asiento, el respaldo o los pies cuando el trabajador opera maquinaria pesada, como excavadoras, camiones o carretillas elevadoras (50).

- Afecciones musculoesqueléticas: Dolor lumbar crónico, lumbalgias, discopatías, hernias discales y degeneración de la columna vertebral, causadas por microtraumatismos repetidos.

- Trastornos sensoriales y del sistema nervioso: Mareo, náuseas, fatiga y alteraciones en el equilibrio, comúnmente conocido como "mal del transporte".

- Problemas circulatorios: Trastornos vasculares periféricos como varices, hemorroides e hipertensión arterial.

- Afecciones digestivas: Mayor riesgo de gastritis, úlceras gástricas y colitis, debido a la tensión mecánica en el sistema digestivo.
- Alteraciones en el sistema reproductor: En mujeres, puede aumentar el riesgo de abortos espontáneos y alteraciones menstruales; en hombres, se ha asociado a mayor incidencia de prostatitis.

Lesiones por vibraciones en el sistema mano-brazo

Estas vibraciones se generan al utilizar herramientas manuales como martillos neumáticos, taladros o sierras mecánicas (115).

- Trastornos vasculares: El Síndrome de Raynaud ocupacional, o "dedo blanco", caracterizado por episodios de palidez y entumecimiento en los dedos debido a la disminución del flujo sanguíneo.

- Afecciones neurológicas: Síndrome del túnel carpiano y Síndrome del canal de Guyón, causados por la compresión de nervios en la muñeca y la mano, provocando hormigueo, debilidad y disminución de la destreza manual.

- Lesiones osteoarticulares: Osteonecrosis del escafoides (Enfermedad de Köhler) y necrosis del semilunar (Enfermedad de Kienböck), junto con artrosis en las muñecas y codos debido a la absorción repetida de vibraciones en estas articulaciones.

- Problemas musculares: Debilidad en la fuerza de agarre, dolor crónico, rigidez y tendinitis, afectando la capacidad para manipular herramientas de forma eficiente.

2.2 Evaluación clínica

Lesiones traumáticas del sistema nervioso central

El primer paso en la valoración de un paciente con lesión traumática del SNC es la exploración neurológica y la aplicación de la Escala de Coma de Glasgow, la cual permite determinar el nivel de conciencia y clasificar la lesión como leve (GCS 13-15), moderada (GCS 9-12) o grave (GCS ≤8). La exploración clínica incluye la evaluación de los reflejos pupilares, la respuesta motora y signos de hipertensión intracraneal, como cefalea intensa, vómitos en proyectil y alteraciones del estado de conciencia (93,116).

En el caso de la lesión traumática leve; una pequeña proporción de estos pacientes puede desarrollar deterioro neurológico posterior debido a hipertensión intracraneal secundaria a edema cerebral o a la presencia de una

masa intracraneal expansiva. Por esta razón, se recomienda mantener al paciente en observación hospitalaria por aproximadamente seis horas, con monitoreo y registro de signos vitales cada hora. Si tras este período no presenta cefalea, vómitos ni náuseas durante al menos cuatro horas, se puede dar el alta con instrucciones para el hogar. Es fundamental que los familiares revisen al paciente al menos dos veces al día y, ante cualquier cambio en su estado, lo trasladen de inmediato al hospital. Si no aparecen síntomas después de 72 horas, el paciente puede retomar su vida normal y sus actividades sociales, salvo en casos en los que haya una lesión en el cuero cabelludo, lo que podría prolongar el tiempo de recuperación (27).

Cuando se identifica la presencia de dolor crónico, es fundamental realizar una evaluación integral de su intensidad, acompañada de consultas médicas especializadas que consideren la fisiopatología específica del paciente. En el caso de los dolores originados por lesiones medulares, es necesario clasificarlos inicialmente según su nivel, utilizando una descripción verbal proporcionada por el paciente, que incluya aspectos como la intensidad, distribución, momento de aparición y duración del dolor. Esta información no solo permite caracterizar el dolor, sino también identificar factores que pueden aliviarlo o agravarlo (109).

Para una evaluación objetiva del dolor neuropático central, los profesionales de la salud emplean diversas herramientas, como escalas analógicas visuales, escalas de calificación numérica o métodos de evaluación clínica de los síntomas y signos asociados. Además, se reconoce que estos dolores pueden manifestarse con diversas características, tales como agudos, ardorosos, sordos, fríos, pruriginosos, superficiales o profundos (109). También es importante considerar la influencia de otros factores, como la intensidad del dolor y la presencia de trastornos concomitantes, tales como depresión e insomnio, los cuales pueden afectar significativamente la capacidad del paciente para realizar sus actividades diarias y laborales (117).

En el caso del trauma moderado, estos pacientes deben permanecer en observación por un mínimo de 24 horas, durante las cuales se analiza la tomografía computarizada y se evalúan otros posibles hallazgos clínicos. Si todas las pruebas resultan normales y no se identifican lesiones asociadas, la estancia hospitalaria puede reducirse (118).

En caso de que se detecten síntomas neurológicos significativos o alteraciones en la tomografía, el tratamiento dependerá de la patología identificada y podrá incluir desde observación clínica hasta terapia médica o intervención quirúrgica, según la gravedad de la afección (24).

Lesiones traumáticas del sistema nervioso periférico

La evaluación de una lesión traumática de los nervios periféricos comienza con una historia clínica detallada, donde se analiza el mecanismo de lesión (corte, contusión, tracción o compresión), el inicio de los síntomas y su evolución. También es importante considerar antecedentes médicos como diabetes, cirugías previas o exposición a neurotóxicos, que pueden influir en la recuperación nerviosa (80).

En la exploración neurológica, se evalúan las funciones motora, sensitiva y autonómica. La fuerza muscular se valora mediante la escala de Medical Research Council (MRC), que va de 0 (ausencia de contracción) a 5 (fuerza normal). La sensibilidad se examina con pruebas de percepción táctil, térmica y vibratoria, utilizando herramientas como monofilamentos de Semmes-Weinstein o un diapasón de 128 Hz. También es relevante analizar posibles alteraciones autonómicas, como cambios en la sudoración, temperatura y coloración de la piel, lo que puede indicar daño en la inervación simpática (119).

Dado que ninguna prueba por sí sola puede ofrecer un panorama completo sobre la lesión nerviosa y la evolución del paciente, la evaluación clínica debe ser integral y optimizada. Sin embargo, factores como tiempo, costos y fatiga del

paciente limitan la posibilidad de realizar todas las pruebas en cada consulta. Por ello, es fundamental realizar una valoración precisa de la lesión nerviosa, complementada con una evaluación objetiva de la recuperación motora funcional (119).

Existen pruebas clínicas específicas que ayudan a localizar la lesión nerviosa. El signo de Tinel consiste en la percusión sobre el nervio afectado, lo que provoca hormigueo en la zona distal. En el caso del síndrome del túnel carpiano, se emplea la prueba de Phalen, que reproduce parestesias al mantener la muñeca en flexión. Para evaluar la lesión del nervio cubital, la prueba de Froment detecta debilidad en la pinza del pulgar (120).

Lesiones por vibraciones

La evaluación de las lesiones por vibraciones requiere un enfoque detallado que considere los efectos en el sistema musculoesquelético, vascular y neurológico. Para ello, se debe realizar una historia clínica completa, exploración física y, en algunos casos, estudios complementarios que permitan confirmar el diagnóstico y establecer la severidad del daño.

El primer paso es conocer el tipo y tiempo de exposición a vibraciones, ya que el uso prolongado de herramientas manuales o la conducción de maquinaria pesada pueden generar diferentes tipos de afectaciones. Es importante identificar síntomas como dolor, entumecimiento, debilidad, pérdida de sensibilidad, cambios en la piel y alteraciones circulatorias. Además, factores como tabaquismo, enfermedades vasculares o neuropatías previas pueden aumentar la susceptibilidad a estas lesiones (90).

Durante la exploración física, se deben evaluar diferentes sistemas según el tipo de vibración a la que el trabajador estuvo expuesto.

En el caso del sistema mano-brazo, se analiza la circulación con la prueba de Allen modificada y la prueba de provocación con frío, útiles para diagnosticar vasoespasmo y síndrome de Raynaud ocupacional. La evaluación neurológica incluye la prueba de monofilamentos de Semmes-Weinstein, que mide la sensibilidad táctil, y la prueba con diapasón de 128 Hz, que detecta alteraciones sensoriales tempranas. También se realizan maniobras como el signo de Tinel, que ayuda a identificar neuropatías por compresión, como el síndrome del túnel carpiano. La fuerza de agarre se mide con dinamometría, y la movilidad articular se examina para detectar signos de artropatía vibratoria en muñecas y codos (115).

En trabajadores expuestos a vibraciones de cuerpo entero, es fundamental evaluar la columna vertebral, ya que la exposición prolongada puede provocar lumbalgias, discopatías y dolor radicular. También es importante analizar el sistema vestibular, ya que las vibraciones pueden generar síntomas como mareo, desorientación y alteraciones del equilibrio. En algunos casos, pueden presentarse problemas digestivos, como gastritis y reflujo gastroesofágico, debido al impacto de las vibraciones sobre los órganos internos (50).

2.3 Evaluación ocupacional

Lesiones traumáticas del sistema nervioso central

La evaluación clínica y ocupacional de un trabajador que ha sufrido una lesión del sistema nervioso central es un proceso fundamental para determinar el impacto de la lesión en su funcionalidad y su capacidad para reincorporarse a sus actividades laborales. Este proceso requiere un enfoque multidisciplinario que abarque aspectos médicos, neurológicos, funcionales y psicosociales, con el objetivo de establecer estrategias de rehabilitación y readaptación laboral.

Evaluación Clínica

La primera fase de la evaluación involucra una historia clínica detallada, en la que se identifican los antecedentes de la lesión, el mecanismo del trauma y el tiempo transcurrido desde el evento. Se debe determinar si la lesión ocurrió en el contexto de un accidente laboral o si está relacionada con la exposición a sustancias neurotóxicas, fatiga extrema u otros factores de riesgo ocupacional.

Así mismo, en el caso del trauma medular representa un desafío significativo para la reincorporación laboral, ya que puede afectar la movilidad, la autonomía y las funciones fisiológicas del paciente.

El examen neurológico es esencial para evaluar el estado motor, sensitivo y cognitivo del trabajador. En el caso de un TEC se emplea la Escala de Coma de Glasgow para valorar el nivel de conciencia y la severidad del daño cerebral (121). Para lesiones medulares, la Escala ASIA (American Spinal Injury Asociación) permite clasificar la magnitud del compromiso neurológico (122).

En pacientes con lesiones cervicales altas, también se considera la capacidad respiratoria, ya que puede verse comprometida la función diafragmática, limitando actividades que requieran esfuerzo físico o largas jornadas laborales sin asistencia médica (123).

Además, se debe evaluar la función cognitiva mediante herramientas como el Mini-Mental State Examination, que ayuda a detectar deterioro cognitivo en pacientes con lesiones cerebrales (124). También es crucial la valoración de posibles secuelas psiquiátricas, como depresión, ansiedad o trastorno de estrés postraumático, condiciones que pueden afectar la reincorporación laboral (125).

Evaluación Funcional y Adaptación Ocupacional

Una vez establecida la magnitud de la lesión, es necesario determinar su impacto en la funcionalidad del trabajador. La evaluación de la movilidad y el estado motor debe incluir pruebas de fuerza, coordinación y tono muscular, además de valorar la autonomía en las actividades de la vida diaria.

Índice de Barthel: La Escala de Barthel es un instrumento utilizado para evaluar el grado de autonomía de un paciente en la realización de 10 actividades básicas de la vida diaria. Estas incluyen alimentación, movilidad, aseo personal, vestido, uso del inodoro, baño, control de esfínteres, traslado de la cama a la silla, deambulación y uso de escaleras. Cada actividad recibe una puntuación según el nivel de independencia del paciente, con valores que van desde 0 puntos (dependencia total) hasta 100 puntos (independencia completa) (126).

Functional Independence Measure: Es una herramienta utilizada para evaluar la autonomía de un paciente en actividades de la vida diaria. Se compone de 18 ítems, divididos en habilidades motoras y habilidades cognitivas. Cada actividad se puntúa en una escala de 1 (dependencia total) a 7 (independencia completa), con un rango total de 18 a 126 puntos (127).

Otro aspecto relevante es la capacidad de comunicación, ya que algunos trabajadores pueden presentar secuelas como afasia o disartria, las cuales afectan su desempeño en el ámbito laboral. También es necesario analizar las demandas específicas del puesto de trabajo, comparándolas con las capacidades actuales del trabajador para determinar si es viable su reincorporación sin riesgos adicionales (128).

La revisión de las demandas físicas del puesto permite identificar la necesidad de adaptaciones ergonómicas, como el uso de escritorios ajustables, sillas especializadas o dispositivos de asistencia para la manipulación de herramientas (129).

Lesiones traumáticas del sistema nervioso periférico

Las lesiones nerviosas ocupacionales representan un desafío significativo en el ámbito médico y laboral, ya que pueden generar limitaciones funcionales, discapacidad y un impacto económico considerable. Su evaluación requiere un enfoque integral que considere tanto los factores anatómicos como los biomecánicos que predisponen a la lesión.

Es fundamental obtener un historial detallado sobre las demandas físicas y tareas asociadas al trabajo del paciente, así como las circunstancias del accidente o lesión. Se deben identificar los factores que contribuyeron a la lesión, incluyendo acciones específicas, frecuencia de los movimientos repetitivos y la cantidad de peso manipulado. Si la evaluación inicial se realizó en un contexto de urgencia, es posible que el médico tratante deba recopilar información adicional para determinar si la lesión está relacionada con las funciones laborales del trabajador. En algunos casos, puede ser necesaria una evaluación detallada del puesto de trabajo, la cual puede ser facilitada por el gestor de reclamaciones del seguro laboral. Es importante contrastar la información proporcionada por el paciente con el análisis del puesto, ya que puede haber diferencias entre las tareas asignadas oficialmente y las actividades realmente realizadas de manera habitual (130).

El examen físico permite evaluar la función motora, la sensibilidad, los reflejos y posibles signos autonómicos que indiquen disfunción nerviosa. Para complementar el diagnóstico, las pruebas electrodiagnósticas, como los estudios de conducción nerviosa y la electromiografía, resultan esenciales para determinar la magnitud del daño y su progresión en el tiempo (130).

Para un diagnóstico preciso, además de las pruebas electrodiagnósticas, es recomendable realizar una evaluación ergonómica del puesto de trabajo. Esto permite identificar los factores de riesgo específicos y establecer modificaciones que ayuden a prevenir la progresión de la lesión. También es útil la aplicación

de escalas de medición funcional, como el cuestionario DASH (*Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand*), que permite cuantificar el impacto de la neuropatía en la vida cotidiana del trabajador (130).

El seguimiento a largo plazo es crucial para evaluar la efectividad del tratamiento y realizar ajustes en el entorno laboral si es necesario.

Lesiones por vibraciones

El primer paso es obtener un historial laboral detallado, analizando el tipo de vibraciones a las que el trabajador está expuesto, la duración de la exposición y el uso de equipos de protección. Se debe considerar la frecuencia y magnitud de la vibración, así como la presencia de síntomas como dolor, entumecimiento, debilidad muscular, alteraciones circulatorias y problemas articulares (90).

En la evaluación clínica, se analizan las lesiones del sistema mano-brazo y del cuerpo entero. Se realizan pruebas para detectar neuropatías periféricas, como el signo de Tinel o la prueba de Phalen, además de evaluar la circulación con Doppler vascular en trabajadores que presentan signos de síndrome de Raynaud ocupacional. Para quienes operan maquinaria pesada, se examina la columna vertebral en busca de lumbalgias, discopatías o restricción de movilidad, y se valora el equilibrio y la coordinación en casos de mareos o desorientación (114).

Si la lesión afecta la funcionalidad del trabajador, se evalúa la necesidad de ajustes ergonómicos en herramientas y mobiliario, la implementación de pausas activas y rotación de tareas, y el uso de equipos de protección antivibración. En casos avanzados, se puede requerir rehabilitación ocupacional para facilitar la reincorporación laboral (42).

2.4 Métodos diagnósticos

Lesiones traumáticas del sistema nervioso central

Estudios de imagen

La tomografía computarizada de cráneo es la prueba de elección en la fase aguda, ya que permite detectar fracturas craneales, hematomas intracraneales, contusiones y edema cerebral. En pacientes con deterioro neurológico progresivo, se recomienda realizar tomografía de control para evaluar la evolución del daño cerebral (131).

Se han desarrollado múltiples sistemas de puntuación basados en tomografía computarizada para evaluar lesiones cerebrales, aunque ninguno ha sido completamente validado. Estos sistemas utilizan hallazgos estructurales en la imagen para estimar el pronóstico del paciente. Entre los más utilizados se encuentran las puntuaciones de Marshall y Rotterdam. La clasificación de Marshall fue introducida en 1991, y posteriormente se desarrolló la puntuación de Rotterdam, que incorporó los criterios de Marshall junto con la evaluación de la hemorragia subaracnoidea traumática. En 2014, se presentó la puntuación de Helsinki, la cual incluye los componentes de Marshall y Rotterdam, pero ofrece una descripción más detallada de los diferentes tipos de lesiones (132).

En casos donde la tomografía no muestra alteraciones evidentes, pero persisten síntomas neurológicos, se indica una resonancia magnética cerebral, la cual es más sensible para identificar lesiones axonales difusas, edema cerebral y contusiones pequeñas, especialmente en la sustancia blanca y el tronco encefálico (133).

Los pacientes con dolor cervical, déficit neurológico o estado de conciencia alterado requieren estudios de imagen para descartar lesiones medulares. Los protocolos NEXUS y CCSR ayudan a identificar pacientes de bajo riesgo, permitiendo evitar estudios innecesarios. La TAC es el estudio de primera

elección para detectar fracturas y compresión medular, especialmente en politraumatismos. Si no está disponible, se recomienda una radiografía en tres planos. La RMN es ideal para evaluar lesiones medulares y ligamentosas, especialmente en pacientes con síntomas neurológicos sin alteraciones en la TAC. Es útil en la fase aguda y en casos donde no hay evidencia radiográfica de lesión. A pesar de los avances en imagenología, en pacientes con estado de conciencia alterado, la decisión de descartar una lesión cervical sigue siendo controversial, y en algunos casos se mantiene la inmovilización hasta la recuperación completa (98).

Monitoreo y Métodos Complementarios

En pacientes con lesión cerebral traumática grave y signos de hipertensión intracraneal, se recomienda la monitorización de la presión intracraneal mediante sensores colocados en el ventrículo o el parénquima cerebral, lo que permite optimizar el tratamiento y evitar daño cerebral secundario (134). Además, el electroencefalograma es útil en la evaluación de crisis epilépticas postraumáticas y en el diagnóstico de estados de alteración de conciencia prolongados. Por otro lado, los potenciales evocados permiten evaluar la conducción nerviosa en el SNC y se utilizan para diagnosticar lesión axonal difusa, así como para estimar el pronóstico en pacientes en coma (135).

Lesiones traumáticas del sistema nervioso periférico

Las técnicas de diagnóstico por imágenes, como la radiografía, la tomografía computarizada y la resonancia magnética, son herramientas clave en la evaluación de lesiones en los nervios periféricos. La neurografía por resonancia magnética ha demostrado ser útil para detectar lesiones nerviosas agudas y monitorizar la recuperación, aunque aún se desconoce cómo se correlacionan los cambios en las imágenes con el déficit funcional del paciente (136).

Las radiografías pueden revelar fracturas o cuerpos extraños asociados a lesiones nerviosas. Por ejemplo, las fracturas del húmero medio suelen comprometer el nervio radial, las fracturas del cúbito o radio afectan el nervio mediano o cubital, y las fracturas de cadera o fémur proximal se asocian con lesión del nervio ciático. En casos de parálisis del nervio frénico, la radiografía de tórax puede mostrar elevación unilateral del diafragma. Además, en atrapamientos nerviosos, como el nervio mediano tras un traumatismo en el codo, las radiografías pueden evidenciar una lucidez supracondílea meses después de la lesión (137).

Por su parte, la resonancia magnética es más efectiva que la tomografía para evaluar tejidos blandos y estructuras nerviosas. Puede detectar cambios en músculos denervados a partir del cuarto día post lesión y ha demostrado alta precisión en el diagnóstico del síndrome del túnel carpiano y neuropatía cubital. Además, la neurografía por RM mejora la identificación de nervios lesionados y permite evaluar daños en la vaina de mielina o pérdida de agua en músculos profundos, facilitando el diagnóstico cuando las pruebas con electrodos son difíciles de realizar (137).

La prueba de umbral clínico, con monofilamentos de Semmes-Weinstein y pruebas de sensibilidad vibratoria, permite analizar la función sensorial. El electromiograma detecta cambios en la actividad nerviosa tras tres semanas de la lesión, mientras que los estudios de conducción nerviosa diferencian una neuropraxia de lesiones más graves. El monitoreo del potencial evocado somatosensorial evalúa la integridad de la señal nerviosa. Pruebas simples en consultorio, como el signo de Tinel y la prueba de estiramiento del nervio ciático, ayudan a identificar la regeneración axonal y la disfunción nerviosa (136).

Lesiones por vibraciones

Para detectar alteraciones neurológicas, se utilizan estudios de conducción nerviosa y electromiografía, los cuales identifican desmielinización, bloqueos de conducción y daño axonal, frecuentes en neuropatías por vibraciones como el

síndrome del túnel carpiano o la neuropatía cubital. Además, el potencial evocado somatosensorial evalúa la transmisión de señales nerviosas en neuropatías avanzadas (89).

En la evaluación vascular, el Doppler vascular permite analizar el flujo sanguíneo en manos y dedos, siendo útil para diagnosticar el síndrome de Raynaud ocupacional. La prueba de provocación con frío ayuda a identificar la respuesta vasoespástica en trabajadores con exposición prolongada a vibraciones (14).

Los estudios por imagen, como radiografías, resonancia magnética y tomografía computarizada, permiten visualizar alteraciones estructurales. La resonancia y la neurografía por resonancia son útiles para detectar compresión nerviosa y cambios en músculos desnervados, mientras que las radiografías pueden mostrar signos de artropatía vibratoria y calcificaciones ligamentosas (115)

Finalmente, la evaluación biomecánica y ergonómica permite analizar la exposición a vibraciones en el ambiente laboral. A través del análisis de vibración en el puesto de trabajo, se mide la frecuencia, amplitud y duración de la exposición, comparándola con los estándares de seguridad. Además, la dinamometría evalúa la pérdida de fuerza de agarre en trabajadores con neuropatías inducidas por vibraciones (138).

III. PREVENCIÓN, MANEJO Y REINSERCIÓN LABORAL

3.1 Medidas de prevención

Las lesiones traumáticas del sistema nervioso representan un desafío en el ámbito laboral, ya que pueden derivar en discapacidad parcial o permanente. La salud ocupacional juega un papel clave en la prevención de estos eventos mediante estrategias que reduzcan los riesgos laborales y mejoren la seguridad en el trabajo.

Para reducir el riesgo de accidentes, es importante contar con (139):

- Políticas claras de seguridad que regulen el orden, la iluminación y las inspecciones del lugar de trabajo.
- Equipos de protección personal, como calzado adecuado, barandillas y dispositivos anticaída en buenas condiciones y con capacitación adecuada para su uso.
- Formación en seguridad, que incluya la limpieza de derrames, el uso de equipo de protección contra caídas y el cumplimiento del sistema de información sobre materiales peligrosos (WHMIS).
- Supervisión y seguimiento, para garantizar que se cumplen las normas de seguridad y mejorar continuamente las prácticas de prevención.
- Investigación de incidentes, analizando las causas raíz de los resbalones, tropezones y caídas, y aplicando medidas correctivas.

Asimismo, el mantenimiento periódico de maquinaria y herramientas evita fallos mecánicos que puedan generar impactos o atrapamientos (140). La implementación de señalización clara y advertencias visibles en zonas de alto riesgo también juega un papel crucial en la prevención de accidentes.

Identificación y Control de Factores de Riesgo

La prevención de lesiones traumáticas del SNC comienza con la identificación de los principales factores de riesgo en el entorno laboral. En sectores como la construcción y la minería, los trabajadores están expuestos a caídas de altura y golpes por herramientas o materiales pesados. En 2020, se registraron 161 muertes laborales causadas por escaleras. De estas, 105 muertes fueron por escaleras móviles, mientras que 5 estuvieron relacionadas con escaleras fijas. Las lesiones no fatales relacionadas con escaleras que requirieron al menos un día de ausencia laboral. Los sectores con más lesiones por escaleras fueron: Instalación, mantenimiento y reparación, construcción y extracción (141).

En el sector del transporte, los accidentes de tráfico representan una causa frecuente de traumatismo craneoencefálico y lesiones medulares (22). En trabajadores de la salud y fuerzas de seguridad, la agresión física es una causa común de daño neurológico, especialmente en situaciones de violencia ocupacional (142).

Implementación de Equipos de Protección Personal

El uso de equipos de protección personal es una estrategia clave para minimizar el impacto de posibles lesiones. En la industria y la construcción, el uso de cascos de seguridad certificados reduce significativamente el riesgo de fracturas craneales y daño cerebral (61). En el sector del transporte, los cinturones de seguridad, bolsa de aire y sistemas de retención en vehículos han demostrado disminuir la severidad de los TEC y las lesiones medulares en caso de colisión (143). Además, en actividades de alto impacto, como deportes ocupacionales o manejo de maquinaria pesada, los protectores cervicales pueden prevenir lesiones por hiperextensión del cuello y médula espinal (144).

Modificaciones en el Entorno Laboral y Ergonomía

Las mejoras en la infraestructura y la adaptación del entorno laboral pueden reducir el riesgo de traumatismos en el SNC. La instalación de barandillas de seguridad, superficies antideslizantes e iluminación adecuada disminuye la incidencia de caídas, especialmente en trabajadores de la construcción, almacenes y sector salud (145).

Los peligros de resbalones, tropezones y caídas pueden presentarse en diversas situaciones, como: Áreas de transición entre el exterior e interior, donde los pisos pueden ser irregulares o resbaladizos, descarga de productos, donde pueden acumularse palets vacíos, escombros o derrames, trabajo en alturas, al usar escaleras o al subir y bajar de vehículos; desplazamientos dentro del lugar de trabajo (145).

Capacitación y Concientización de los Trabajadores

El entrenamiento adecuado de los trabajadores es una de las estrategias más eficaces para prevenir accidentes. Los programas de formación en seguridad laboral incluyen la enseñanza de técnicas de trabajo seguro, el manejo correcto de herramientas y equipos de protección, y la respuesta ante emergencias. Los simulacros de primeros auxilios y actuación en casos de traumatismos craneoencefálicos o medulares permiten una intervención rápida y efectiva que puede minimizar el daño neurológico (146). Además, es fundamental la promoción de una cultura de seguridad en la que los empleados sean conscientes de los riesgos y adopten conductas preventivas.

Políticas de Seguridad y Cumplimiento de Normativas

Las empresas deben garantizar el cumplimiento de normativas internacionales de seguridad laboral, como las establecidas por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional y el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud

Ocupacional (147). La implementación de protocolos de prevención y respuesta ante emergencias debe incluir medidas específicas para el manejo de lesiones neurológicas. Además, la evaluación periódica de riesgos laborales permite identificar deficiencias en seguridad y corregirlas antes de que ocurran accidentes.

Evaluación Médica y Monitoreo de la Salud del Trabajador

El monitoreo de la salud de los trabajadores es fundamental para detectar condiciones que puedan predisponerlos a accidentes. La realización de exámenes médicos ocupacionales ayuda a identificar factores de riesgo individuales, como enfermedades neurológicas preexistentes, alteraciones del equilibrio o problemas de visión. Asimismo, la gestión del estrés y la fatiga laboral es crucial, ya que el agotamiento puede aumentar la probabilidad de errores y accidentes (148). En trabajadores que han sufrido lesiones previas en el SNC, es esencial evaluar su capacidad de reincorporación laboral y proporcionar adaptaciones necesarias en el puesto de trabajo.

Lesiones traumáticas del sistema nervioso periférico

Ergonomía y Seguridad en el Trabajo

Las neuropatías ocupacionales pueden prevenirse mediante la implementación de medidas ergonómicas y el uso de herramientas adecuadas. Algunas estrategias clave incluyen:

- Diseño ergonómico del puesto de trabajo: Ajustar la altura de estaciones de trabajo, usar herramientas con empuñaduras ergonómicas y evitar posturas prolongadas o incómodas para reducir la presión sobre los nervios periféricos (149).

- Rotación de tareas: Alternar actividades para prevenir la sobrecarga en estructuras nerviosas específicas y reducir la probabilidad de desarrollar neuropatías por atrapamiento, como el síndrome del túnel carpiano o la neuropatía cubital (150).

- Uso de equipos de protección: Guantes acolchonados para reducir el impacto, soportes de muñeca para tareas de precisión y calzado adecuado para proteger los nervios de los miembros inferiores (151).

Educación y Concientización

La capacitación del personal y de los trabajadores en la prevención de lesiones es crucial para reducir el riesgo de neuropatías traumáticas. Se recomienda:

- Entrenamiento en técnicas adecuadas de levantamiento de cargas: Evitar posturas que generen tracción o compresión en los nervios, especialmente en el plexo braquial y el nervio ciático (152).

- Reconocimiento temprano de síntomas: Educar sobre la importancia de detectar signos iniciales de neuropatía como hormigueo, entumecimiento o debilidad muscular, lo que permite intervenir antes de que la lesión se agrave (130).

- Prácticas de pausas activas: Implementar descansos regulares para realizar ejercicios de estiramiento y reducir la fatiga nerviosa y muscular (153).

Modificaciones en el Estilo de Vida

Adoptar hábitos saludables contribuye a disminuir la susceptibilidad a las neuropatías traumáticas:

- **Mantener una buena condición física**: El fortalecimiento muscular y la flexibilidad ayudan a proteger los nervios periféricos contra lesiones por tracción o compresión (154).

- **Evitar hábitos perjudiciales**: El tabaquismo y el alcoholismo pueden comprometer la microcirculación nerviosa, aumentando el riesgo de daño nervioso y retrasando la recuperación (155).

- **Control de enfermedades crónicas**: La diabetes y otras enfermedades metabólicas predisponen a la neuropatía periférica, por lo que su adecuado control es crucial para reducir el riesgo de lesiones traumáticas (156).

Lesiones por vibraciones

Siguiendo los principios de prevención establecidos en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, se debe eliminar o reducir al mínimo la exposición a vibraciones. De acuerdo con el Real Decreto 1435/92 español, los equipos de trabajo deben proporcionar información sobre los niveles de vibración que emiten, permitiendo evaluar el riesgo para los trabajadores (114).

El Real Decreto 1311/2005 propone medidas organizativas y técnicas para mitigar los efectos de las vibraciones (114).

- Medidas organizativas: Reducen el tiempo de exposición a través de la planificación del trabajo, descansos regulares, rotación de tareas y sustitución de procesos altamente vibrantes.

- Medidas técnicas: Disminuyen la transmisión de la vibración al cuerpo mediante equipos adecuados, mejoras ergonómicas y uso de protección individual.

Acciones específicas

- Adquirir maquinaria segura con certificación CE y bajo nivel de vibración.
- Optar por equipos ergonómicos y automatización para reducir el contacto directo con vibraciones.
- Mantenimiento preventivo de herramientas, vehículos y equipos.
- Implementar sistemas de amortiguación en maquinaria y asientos.
- Ajustar correctamente cargas, neumáticos y equilibrado de vehículos.
- Reducir irregularidades del terreno y utilizar empuñaduras antivibratorias en herramientas.
- Mantener las herramientas de corte en buen estado y reemplazar piezas desgastadas.
- Usar ropa adecuada que mantenga el confort térmico y reduzca el impacto vibratorio.
- Implementar equipos de protección individual adaptados a cada trabajador y tarea.

Además, es fundamental informar y capacitar a los trabajadores sobre la exposición a vibraciones y las estrategias para reducir riesgos. Finalmente, se debe realizar un seguimiento de la salud de los empleados expuestos, permitiendo diagnosticar y prevenir daños asociados a las vibraciones mecánicas (114).

3.2 Manejo

A nivel mundial, la incidencia de las lesiones ha aumentado significativamente en las últimas décadas y se ha convertido en una de las grandes estructuras que más afecta la salud pública y los niveles económicos. El abordaje del tratamiento de pacientes con lesiones múltiples debe ser complejo, siendo su evaluación, diagnóstico y tratamiento rápidos, precisos e integrados por un equipo multidisciplinario capacitado (118).

Es bien sabido que la identificación temprana de los factores relacionados con la gravedad de las lesiones y las intervenciones de tratamiento iniciales inciden directamente en la supervivencia de los pacientes con lesiones múltiples. Es fundamental contar con herramientas y personal capacitado para acceder a los pacientes y brindarles la mejor posibilidad de supervivencia (33).

Lesiones traumáticas de sistema nervioso central

Trauma cerebral:

Las lesiones cerebrales representan un desafío significativo para los sistemas de salud actuales, ya que constituyen un problema de salud pública con impacto no solo en el paciente afectado, sino también en la sociedad en general. Estas afecciones pueden generar repercusiones en aspectos psicofisiológicos, afectando funciones cerebrales superiores como el lenguaje y la conducta (63).

El manejo inicial se centra en la priorización de los principios ABCDE. Siempre que los signos vitales lo permitan, se procede a realizar una tomografía computarizada cerebral y una radiografía de la columna cervical. La presencia de un hematoma epidural o subdural, así como una hemorragia intraparenquimatosa con un efecto de masa considerable, requiere una intervención quirúrgica urgente para descompresión (157).

El manejo de la lesión cerebral traumática severa en las primeras 24 horas se enfoca en la estabilización neurológica, el control de la presión intracraneal y la prevención de complicaciones. Inicialmente, se evalúa la gravedad del trauma con la Escala de Coma de Glasgow y se prioriza la oxigenación, asegurando una saturación >90% y una presión arterial sistólica ≥100 mmHg en adultos jóvenes y ≥110 mmHg en adultos mayores. En pacientes con GCS ≤8, se recomienda la intubación endotraqueal para mantener la vía aérea (158).

En la Unidad de Cuidados Intensivos, se monitoriza la presión intracraneal, procurando mantenerla por debajo de 22 mmHg, y la presión de perfusión cerebral entre 60 y 70 mmHg. Para el manejo de la hipertensión intracraneal, se utilizan sedación, analgesia, terapia hiperosmolar y, en casos refractarios, craniectomía descompresiva. Se recomienda evitar el uso rutinario de hipotermia terapéutica y anticonvulsivantes profilácticos, salvo en pacientes de alto riesgo. Además, el control metabólico es esencial, manteniendo la glucemia entre 110 y 180 mg/dL. Finalmente, la rehabilitación temprana con movilización precoz y abordaje multidisciplinario mejora la recuperación funcional y reduce la discapacidad. Un manejo integral y basado en la evidencia es clave para optimizar los desenlaces neurológicos y la calidad de vida del paciente (158).

Trauma medular

El manejo del traumatismo medular es un proceso complejo que abarca desde la atención inicial en el lugar del accidente hasta intervenciones quirúrgicas y cuidados postoperatorios especializados.

La atención inicial debe centrarse en la inmovilización adecuada de la columna vertebral para prevenir lesiones adicionales durante el traslado. La tendencia actual es hacia una inmovilización selectiva, identificando a los pacientes que realmente se beneficiarán de esta medida. Esto implica evaluar cuidadosamente el mecanismo del trauma y los signos clínicos presentes. La cirugía descompresiva puede ser necesaria para aliviar la presión sobre la médula espinal y estabilizar la columna vertebral. La decisión de realizar una intervención quirúrgica precoz o diferida depende de factores como la estabilidad de la columna, el nivel de la lesión y el estado neurológico del paciente. En cuanto a la terapia farmacológica se incluye el uso de corticoides como Metilprednisolona, medicamentos que promuevan la neuroprotección y neurorregeneración. Después de la cirugía, se deben implementar estrategias para el manejo del dolor, la prevención de complicaciones tromboembólicas y la retirada gradual de la ventilación mecánica en pacientes que lo requieran. La

rehabilitación temprana es fundamental para maximizar la recuperación funcional (26).

Lesiones de sistema nervioso periférico

Manejo médico

El tratamiento inicial en lesiones nerviosas periféricas suele ser conservador, especialmente en aquellos casos en los que el nervio no ha sufrido una sección completa. La base del manejo médico es el control del dolor neuropático, la reducción de la inflamación y la optimización de la recuperación funcional.

El dolor neuropático es uno de los principales síntomas asociados a estas lesiones y puede ser tratado con diversos fármacos. Se recomienda el uso de anticonvulsivantes como la gabapentina y la pregabalina, así como antidepresivos tricíclicos (amitriptilina) y inhibidores de la recaptación de serotonina y noradrenalina (duloxetina), los cuales han demostrado ser eficaces en la reducción del dolor neuropático. En algunos casos, el uso de antiinflamatorios no esteroides o corticosteroides puede ser útil en lesiones con un componente inflamatorio asociado (159,160).

La inmovilización y la modificación de actividad también juegan un papel clave en la recuperación, especialmente en neuropatías compresivas. El uso de férulas nocturnas puede reducir la presión sobre el nervio afectado y mejorar los síntomas

Por otro lado, la terapia física y la rehabilitación precoz ayudan a evitar la atrofia muscular y a mejorar la movilidad. Técnicas de neurodinamia pueden ser útiles en atrapamientos nerviosos, mientras que la electroestimulación funcional puede favorecer la recuperación en casos de denervación parcial (161).

Manejo Quirúrgico

Cuando el tratamiento conservador no proporciona mejoría o existe un daño estructural significativo, se considera la opción quirúrgica. Las intervenciones varían según el tipo de lesión y la localización del daño.
En neuropatías por compresión, se puede realizar una liberación quirúrgica para descomprimir el nervio y mejorar los síntomas. Estas intervenciones han mostrado tasas de éxito significativas cuando están bien indicadas (162).

En casos de lesiones nerviosas con sección completa, se pueden realizar suturas primarias si los extremos del nervio están próximos. Sin embargo, si existe una brecha nerviosa significativa, puede ser necesario recurrir a injertos nerviosos autólogos, tomados de otros nervios del paciente, como el sural. En algunos casos, se han desarrollado técnicas con conductos sintéticos para puentes nerviosos, con el objetivo de mejorar la regeneración. Una alternativa innovadora en lesiones complejas es el uso de transferencias nerviosas, en las que un nervio sano cercano se transfiere a la zona afectada para restaurar la función. Esta técnica es especialmente útil en lesiones del plexo braquial y en casos donde la regeneración espontánea del nervio afectado es poco probable (162,163).

Rehabilitación y Recuperación Funcional

El ejercicio terapéutico desempeña un papel clave en la recuperación. Se incluyen movimientos activos y pasivos para evitar la rigidez articular y ejercicios de fortalecimiento progresivo para recuperar la función muscular. La terapia ocupacional es fundamental en lesiones que afectan la destreza manual, como las que comprometen el nervio mediano o el cubital (164).

Además, técnicas de neuroestimulación funcional pueden ser útiles en pacientes con denervación parcial, estimulando la contracción muscular y promoviendo la reconexión neuromuscular. En casos de pérdida sensitiva, se pueden emplear

técnicas de retroalimentación sensorial para reentrenar la percepción táctil y mejorar la función de la extremidad afectada (162).

El apoyo psicológico también es un aspecto importante de la rehabilitación, especialmente en pacientes con discapacidad permanente. La ansiedad y la depresión pueden influir negativamente en la recuperación, por lo que la intervención psicológica puede ser necesaria para mejorar la adherencia al tratamiento y la calidad de vida del paciente.

Lesiones por vibraciones

El tratamiento de las lesiones por vibración se centra en el control del dolor neuropático, la mejora de la circulación y la recuperación funcional del paciente. Para el manejo del dolor neuropático, se emplean anticonvulsivantes como la pregabalina y la gabapentina, además de antidepresivos como la amitriptilina y la duloxetina, que han demostrado ser eficaces en el alivio de los síntomas. En casos de dolor musculoesquelético asociado, pueden utilizarse analgésicos y antiinflamatorios (115).

Para los pacientes con disfunción vasomotora inducida por la vibración, como el fenómeno de Raynaud, se recomienda el uso de bloqueadores de canales de calcio para mejorar la circulación, así como vasodilatadores y terapia con óxido nítrico en casos más avanzados (91).

La rehabilitación funcional desempeña un papel crucial en la recuperación. Se emplean terapia física y ocupacional para fortalecer los músculos y mejorar la función de la extremidad afectada. Además, la neuroestimulación eléctrica puede ser utilizada en ciertos casos de neuropatía periférica inducida por vibración. Otras estrategias incluyen terapia térmica y masajes, que ayudan a mejorar la circulación y a reducir la progresión de la disfunción vascular (114).

3.3 Readaptación laboral

El regreso al trabajo tras una lesión del sistema nervioso debe ser un proceso progresivo y supervisado. En algunos casos, el trabajador puede reintegrarse a sus funciones habituales con adaptaciones ergonómicas o modificaciones en la carga laboral. En otros, puede ser necesario realizar un cambio de funciones dentro de la empresa o incluso considerar la reubicación laboral.

Las estrategias de adaptación pueden incluir (165):

- **Modificación del entorno laboral**: Ajustes ergonómicos en el puesto de trabajo, reducción de carga física, implementación de descansos programados.

- **Reducción progresiva de la jornada laboral**: Permitir un regreso gradual con horarios flexibles.

- **Capacitación y reentrenamiento**: Adaptación a nuevas funciones o tecnologías que faciliten el desempeño del trabajador.

- **Evaluación de accesibilidad**: Implementación de medidas para facilitar el acceso y movilidad dentro del lugar de trabajo en casos de discapacidad física.

El seguimiento periódico es esencial para valorar la evolución del trabajador y realizar ajustes en su plan de reincorporación. Este monitoreo debe incluir reevaluaciones médicas, evaluación de desempeño y apoyo psicológico si es necesario.

Tras una lesión cerebral traumática leve, el retorno al trabajo puede retrasarse, ser parcial o, en algunos casos, no lograrse por completo. Se estima que hasta un

tercio o más de los afectados presentan dificultades laborales persistentes incluso seis meses después de la lesión (166–168).

Algunos estudios consideran el regreso al trabajo como cualquier reincorporación laboral tras la lesión, sin importar el tipo, nivel o calidad del empleo. Sin embargo, volver a alguna actividad laboral no equivale necesariamente a recuperar el desempeño previo a la lesión. Otros estudios aplican criterios más estrictos, como comparar la situación laboral antes y después del TEC, evaluando la estabilidad del empleo posterior a la lesión. Más allá de los beneficios económicos, el trabajo remunerado mejora el bienestar, la autoestima y la estabilidad financiera. No reincorporarse o hacerlo de manera parcial puede generar consecuencias económicas y psicosociales negativas (169).

Recientes revisiones han identificado múltiples factores asociados a la reincorporación laboral tras un TEC leve. Entre ellos se encuentran la edad, el nivel educativo, los hallazgos radiológicos, la sintomatología aguda (náuseas, vómitos), el tipo de empleo, las responsabilidades laborales y el estado legal del paciente. También otros factores relacionados son expectativas, ansiedad, flexibilidad psicológica y evitación del miedo (170–172).

La evitación del miedo es un factor de riesgo validado en diversas condiciones médicas y recientemente se ha vinculado con el desarrollo de síntomas persistentes tras un TEC leve. Los pacientes pueden evitar actividades que asocian con la exacerbación de los síntomas, lo que a corto plazo puede ser adaptativo, pero a largo plazo puede perpetuar la sintomatología y la disfunción a través de procesos de aprendizaje clásico y operante. Con el tiempo, esta evitación puede expandirse a una variedad de actividades, incluyendo el retorno al trabajo, lo que limita la funcionalidad del paciente (173–175).

Un estudio realizado por Snell et al. analizó la relación entre la evitación del miedo y el retorno al trabajo tras una lesión cerebral traumática leve. Se

evaluaron 175 adultos en Nueva Zelanda, utilizando el cuestionario FAB-TBI en dos momentos: al inicio y a los 6 meses. Los resultados mostraron que 53% de los participantes volvieron al trabajo en un periodo de 6 a 9 meses. Sin embargo, aquellos con evitación del miedo persistente o en aumento presentaron mayor probabilidad de permanecer sin empleo. El estudio concluye que la evitación del miedo impacta negativamente en la reincorporación laboral, sugiriendo la necesidad de más investigaciones para identificar momentos clave en la recuperación y diseñar intervenciones que faciliten el regreso al trabajo (176).

La reintegración laboral tras una lesión medular traumática es baja, siendo clave para la reinserción social y el éxito de la rehabilitación. En un estudio con 18 pacientes en México, sólo 27,7% lograron volver al trabajo en un promedio de 7 meses. Los factores que favorecen el retorno laboral incluyen edad joven, menor nivel de lesión, rehabilitación, alta funcionalidad y estado civil estable. El estudio resalta la importancia de programas multidisciplinarios que mejoren las oportunidades de reincorporación al empleo (177).

El retorno al trabajo tras una lesión laboral puede verse afectado por factores psicológicos y sociales, como la atribución de culpa y la percepción de injusticia. Los trabajadores lesionados tienden a culpar más al equipo o a otras personas del entorno laboral. La percepción de culpa e injusticia se ha relacionado con una mayor discapacidad a los 6 meses, y quienes culpan a su empleador pueden sentirse inseguros, dificultando su reincorporación laboral. Además, pueden experimentar tensiones interpersonales con sus compañeros de trabajo debido a la carga adicional que su ausencia genera (178).

Otro factor clave es la salud mental, en particular el trastorno de estrés postraumático, que afecta entre 12% y 27% de los pacientes con lesión cerebral traumática. Este trastorno es más frecuente en lesiones laborales y puede ser un obstáculo importante, especialmente si el retorno implica exponerse nuevamente al entorno donde ocurrió el trauma (178).

En casos donde la reincorporación al puesto original no sea viable, se pueden explorar alternativas como el reentrenamiento en nuevas funciones, la implementación de tecnología asistida para tareas administrativas o digitales y la posibilidad de teletrabajo (179). Estas estrategias permiten que el trabajador mantenga su estabilidad económica y continúe participando activamente en la vida laboral.

Además, el apoyo del empleador y los compañeros de trabajo desempeña un papel crucial en la reinserción exitosa, facilitando la adaptación a nuevas funciones o el ajuste de las condiciones laborales para garantizar un entorno más inclusivo (180).

IV. CONCLUSIONES

1. Las lesiones traumáticas del sistema nervioso, tanto central como periférico, representan un desafío significativo en el ámbito laboral, debido a sus efectos discapacitantes y su impacto en la reincorporación al trabajo.

2. Los traumatismos neurológicos afectan principalmente a sectores de alto riesgo como la construcción, minería, transporte, manufactura y agricultura. En la construcción y minería, los accidentes con maquinaria, caídas y vibraciones son causas comunes de lesión nerviosa. En la manufactura, los movimientos repetitivos aumentan el riesgo de neuropatías. En la agricultura, el uso prolongado de maquinaria representa un factor de riesgo.

3. Es fundamental la evaluación ergonómica del puesto de trabajo para prevenir lesiones, especialmente aquellas relacionadas con la vibración y movimientos repetitivos.

4. El monitoreo médico continuo es esencial para detectar a tiempo complicaciones neurológicas y garantizar la seguridad del trabajador en su entorno laboral.

5. Además, la percepción de culpa y la evitación del miedo se han identificado como barreras psicológicas importantes para la reincorporación laboral. La salud mental juega un papel crucial en la recuperación, ya que trastornos como el estrés postraumático pueden dificultar la vuelta al trabajo.

V. RECOMENDACIONES

1. Se deben fortalecer las medidas de seguridad laboral, incluyendo la ergonomía en el diseño del puesto de trabajo y la capacitación en el uso de herramientas y maquinaria para reducir el riesgo de lesiones neurológicas.

2. Se recomienda establecer programas de vigilancia médica que permitan la detección temprana de lesiones neurológicas y su adecuado tratamiento, especialmente en trabajadores expuestos a vibraciones o esfuerzos repetitivos.

3. Se recomienda un abordaje integral en cuanto a la rehabilitación de los trabajadores lesionados, incluyendo terapia física, apoyo psicológico y readaptación laboral con el uso de tecnología asistida o teletrabajo cuando sea necesario.

4. Se recomienda promover un ambiente de trabajo inclusivo, donde el empleador y los compañeros de trabajo brinden apoyo a los empleados en proceso de recuperación. Estrategias como la reasignación de funciones y la flexibilidad laboral pueden facilitar la reincorporación laboral.

5. Se recomienda el uso de guantes antivibración, soportes ergonómicos y otras herramientas diseñadas para minimizar el impacto en los nervios periféricos, especialmente en sectores con alto riesgo de lesiones ocupacionales.

6. Es importante continuar investigando el impacto de las lesiones neurológicas en el ámbito ocupacional, con el fin de mejorar las estrategias de prevención y rehabilitación.

VI. BIBLIOGRAFÍA

1. Caiza MJC, Santana EMC. Enfermedades neurológicas relacionadas con el trabajo. RECIAMUC. 20 de enero de 2023;7(1):616-23.
2. Martínez-Padilla LA. Cambios neurológicos pre y postquirúrgicos en pacientes con lesión medular traumática basados en el análisis de la historia clínica secuencial. ACTA ORTOPÉDICA Mex.
3. Echeverría KEG, Acosta JAH, Robalino ASA, Nieto NSB, Franco ADB, Llori TAJ, et al. Lesión traumática aguda de médula espinal. Presentación de una serie de casos clínicos y su abordaje quirúrgico. Mediciencias UTA. 12 de julio de 2023;7(3):75-85.
4. Láinez Andrés JM. La neurología: objetivos y progresos en base a la sociedad española de neurología. 2022 [citado 6 de marzo de 2025]; Disponible en: https://repositorio.uam.es/handle/10486/707180
5. Aguilera MU, Estupiñán DJC, Ramírez MJC. II. CRITERIOS DE CALIFICACIÓN DE ORIGEN LABORAL EN PATOLOGÍAS NEURO OSTEOMUSCULARES DE COLUMNA. Rev Investig En Gest Ind Ambient Segur Salud En El Trab - GISST. 14 de diciembre de 2023;9(1):21-21.
6. Silva-Barragán M, Ramos-Galarza C, Silva-Barragán M, Ramos-Galarza C. Etiología del daño Cerebral: un aporte neuropsicológico en su construcción teórica (primera parte). Rev Ecuat Neurol. julio de 2021;30(1):154-65.
7. Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo del Perú. Boletin estadístico mensual de notificaciones de accidentes de trabajo, incidentes peligrosos y enfermedades ocupacionales [Internet]. 2024 [citado 6 de marzo de 2025]. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6024456/5334571-sat-febrero-2024.pdf
8. Urrea-Mendoza E. ResearchGate. 2002 [citado 3 de marzo de 2025]. La neurología ocupacional y la importancia de los factores laborales como causa de patología neurológica. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/242681745_La_neurologia_ocup

acional_y_la_importancia_de_los_factores_laborales_como_causa_de_patologia_neurologica

9. Ghajar J. Traumatic brain injury. Lancet Lond Engl. 9 de septiembre de 2000;356(9233):923-9.
10. Fehlings MG, Tetreault LA, Wilson JR, Kwon BK, Burns AS, Martin AR, et al. A Clinical Practice Guideline for the Management of Acute Spinal Cord Injury: Introduction, Rationale, and Scope. Glob Spine J. septiembre de 2017;7(3 Suppl):84S-94S.
11. Shiri R, Heliövaara M, Moilanen L, Viikari J, Liira H, Viikari-Juntura E. Associations of cardiovascular risk factors, carotid intima-media thickness and manifest atherosclerotic vascular disease with carpal tunnel syndrome. BMC Musculoskelet Disord. 26 de abril de 2011;12:80.
12. Campbell WW. DeJong's The Neurologic Examination. Lippincott Williams & Wilkins; 2012. 833 p.
13. Bovenzi M. A longitudinal study of vibration white finger, cold response of digital arteries, and measures of daily vibration exposure. Int Arch Occup Environ Health. marzo de 2010;83(3):259-72.
14. Griffin MJ. Handbook of Human Vibration. Academic Press; 2012. 1005 p.
15. Quintanal Cordero N, Felipe Morán A, Tápanes Domínguez A, Rodríguez de la Paz N, Cañizares Marrero C, Prince López J. Traumatismo craneoencefálico: estudio de cinco años. Rev Cuba Med Mil. junio de 2006;35(2):0-0.
16. Louis DN, Perry A, Reifenberger G, von Deimling A, Figarella-Branger D, Cavenee WK, et al. The 2016 World Health Organization Classification of Tumors of the Central Nervous System: a summary. Acta Neuropathol (Berl). junio de 2016;131(6):803-20.
17. Gritsch S, Batchelor TT, Gonzalez Castro LN. Diagnostic, therapeutic, and prognostic implications of the 2021 World Health Organization classification of tumors of the central nervous system. Cancer. 1 de enero de 2022;128(1):47-58.
18. Castillo GD, Jorge JLV de. Anatomía y fisiología del sistema nervioso central. Fundación Univ. San Pablo; 2015. 673 p.

19. Suarez JI, Martin RH, Bauza C, Georgiadis A, Venkatasubba Rao CP, Calvillo E, et al. Worldwide Organization of Neurocritical Care: Results from the PRINCE Study Part 1. Neurocrit Care. febrero de 2020;32(1):172-9.
20. Ferreres AR. Anatomía del sistema nervioso humano [Internet]. 2022 [citado 3 de marzo de 2025]. (Neurofisiologia). Disponible en: https://www.psi.uba.ar/academica/carrerasdegrado/psicologia/sitios_catedras/obligatorias/048_neuro1/cursada/descargas/old/practico_1.pdf
21. United Nations Global Compact. Occupational Safety and Health | UN Global Compact [Internet]. 2023 [citado 3 de marzo de 2025]. Disponible en: https://unglobalcompact.org/take-action/safety-andhealth
22. Toccalino D, Colantonio A, Chan V. Update on the epidemiology of work-related traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis. Occup Environ Med. octubre de 2021;78(10):769-76.
23. Lavorato A, Aruta G, De Marco R, Zeppa P, Titolo P, Colonna MR, et al. Traumatic peripheral nerve injuries: a classification proposal. J Orthop Traumatol. 10 de mayo de 2023;24(1):20.
24. Nguyen R, Fiest KM, McChesney J, Kwon CS, Jette N, Frolkis AD, et al. The International Incidence of Traumatic Brain Injury: A Systematic Review and Meta-Analysis. Can J Neurol Sci J Can Sci Neurol. noviembre de 2016;43(6):774-85.
25. Motis Dolader JC. Historia clínico-laboral en Neurología y ámbito de actuación de la Neurología del Trabajo. Rev Neurol Ed Impr. 2000;854-6.
26. Bennett J, Das JM, Emmady PD. Spinal Cord Injuries. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 [citado 4 de marzo de 2025]. Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560721/
27. Herrera-Cartaya C, Bermúdez-Ruíz JA, Brunet-Liste JV, Luna-Capote AI. Caracterización de pacientes con traumatismo severo en una Unidad de Cuidados Intensivo. 2020;
28. Vergara GE. Vigilancia epidemiológica del Traumatismo Encéfalo Craneano (TEC) en el Hospital San Bernardo de la Provincia de Salta,

Argentina. Rev Argent Neurocir [Internet]. 3 de septiembre de 2021 [citado 3 de marzo de 2025];35(03). Disponible en: https://www.ranc.com.ar/index.php/revista/article/view/183

29. Baquero G. Situaciones de género en la prevalencia de lesiones neurológicas vinculadas con el trauma. Salud Pública México. agosto de 2015;57(4):291-2.
30. Asociación Española de Especialistas en Medicina del Trabajo. Dolor neuropático en salud laboral [Internet]. 2019 [citado 3 de marzo de 2025]. Disponible en: http://www.aeemt.com/web/wp-content/uploads/2019/11/TEXTO-AEEMT.-EL-DOLOR-NEUROP%C3%81TICO-EN-SALUD-LABORAL.pdf
31. Salminen S. Have young workers more injuries than older ones? An international literature review. J Safety Res. enero de 2004;35(5):513-21.
32. Tompa E, Mofidi A, van den Heuvel S, van Bree T, Michaelsen F, Jung Y, et al. Economic burden of work injuries and diseases: a framework and application in five European Union countries. BMC Public Health. 6 de enero de 2021;21(1):49.
33. Sullivan MJL, Adams H, Martel MO, Scott W, Wideman T. Catastrophizing and perceived injustice: risk factors for the transition to chronicity after whiplash injury. Spine. 1 de diciembre de 2011;36(25 Suppl):S244-9.
34. Cruz MMN, Valdivia ERA. Diagnóstico de enfermedades neurológicas asociadas al trabajo. Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2023.
35. Einarsdóttir M, Rafnsdóttir GL. The prevalence, seriousness, and causes of teenage work accidents: A gender difference? Work Read Mass. 2021;69(4):1209-16.
36. Hösükler E, Turan T, Erkol ZZ. Analysis of injuries and deaths by trauma scores due to occupational accidents. Turk J Trauma Emerg Surg. 1 de septiembre de 2022;28(9):1258-69.
37. Trujillo HP, Orduz JHC. Realidades del Sector Construcción Frente a los Peligros de Seguridad y Salud en el Trabajo Cúcuta Norte de Santander. Cienc Lat Rev Científica Multidiscip. 27 de noviembre de 2023;7(5):8643-54.

38. González A, Bonilla J, Quintero M, Reyes C, Chavarro A. Análisis de las causas y consecuencias de los accidentes laborales ocurridos en dos proyectos de construcción. Rev Ing Constr. abril de 2016;31(1):05-16.
39. Mendinueta-Martínez M, Herazo-Beltrán Y, Toro-García L, Cetares-Barrios R, Ortiz-Berrio K, Yesid Ricardo-Caiafa. Riesgo por movimiento repetitivo en los miembros superiores de trabajadores. Factores personales y laborales. 31 de diciembre de 2020 [citado 4 de marzo de 2025]; Disponible en: https://zenodo.org/record/4407949
40. National Institute for Occupational Safety. Current intelligence bulletin 38 - vibration syndrome. 25 de julio de 2023 [citado 4 de marzo de 2025]; Disponible en: https://www.cdc.gov/niosh/docs/83-110/default.html
41. Cristina. El atrapamiento en máquinas como causa de accidentes laborales. [Internet]. Valora Prevención. 2019 [citado 4 de marzo de 2025]. Disponible en: https://www.valoraprevencion.es/valora-tu-prevencion/articulos-prevencion/atrapamiento-en-maquinas/
42. Araya-Solano T, Medina-Escobar L. Determinación de la exposición ocupacional a vibraciones en cuerpo entero en conductores de autobús en una parte del Gran Área Metropolitana, Costa Rica. Tecnol En Marcha. 2020;33(1):88-98.
43. Flores-Monroy J, Nakano-Miyatake M, Escamilla-Hernández E, Pérez-Meana H, Flores-Monroy J, Nakano-Miyatake M, et al. Detección de somnolencia y distracción en conductores y su implementación en dispositivos móviles. Inf Tecnológica. agosto de 2023;34(4):1-12.
44. Magán E, Sesmero MP, Alonso-Weber JM, Sanchis A. Driver Drowsiness Detection by Applying Deep Learning Techniques to Sequences of Images. Appl Sci. enero de 2022;12(3):1145.
45. Torres Alaminos MA. Aspectos epidemiológicos de la lesión medular en el Hospital Nacional de Parapléjicos. Ene [Internet]. 2018 [citado 4 de marzo de 2025];12(2). Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1988-348X2018000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es

46. Bukowski J, Nowadly CD, Schauer SG, Koyfman A, Long B. High risk and low prevalence diseases: Blast injuries. Am J Emerg Med. 1 de agosto de 2023;70:46-56.
47. Guerra JEB. ACCIDENTES OCUPACIONALES EN EMPRESAS MINERAS A PEQUEÑA ESCALA EN COLOMBIA: UN ESTUDIO DE LOS RETOS Y OPORTUNIDADES PARA LA PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN DE LOS TRABAJADORES MINEROS. 2024;
48. Guerra Loayza J, Martinez J. RIESGOS EN LABORES AGRÍCOLAS. ECCI; 2016.
49. Alvarez JI. elEconomista.es. 2023 [citado 4 de marzo de 2025]. Los accidentes mortales en el sector agrario repuntan un 82,7% en 2022. Disponible en: https://www.eleconomista.es/economia/noticias/12156008/02/23/Los-accidentes-mortales-en-el-sector-agrario-repuntan-un-827-en-2022.html
50. Losilla Rayo JC. Efectos de la exposición a vibraciones globales: medidas técnicas de prevención y vigilancia de la salud. Caso práctico. Energ Minas Rev Prof Téc Cult Los Ing Téc Minas. 2020;(16):54-9.
51. Mostafalou S, Abdollahi M. Pesticides and human chronic diseases: evidences, mechanisms, and perspectives. Toxicol Appl Pharmacol. 15 de abril de 2013;268(2):157-77.
52. Andrade-Mora DS, Celi-Simbaña SS, Celi-Simbaña KP, Andrade-Mora DS, Celi-Simbaña SS, Celi-Simbaña KP. Disfunción Neurológica Y Exposición A Agrotóxicos. Rev Ecuat Neurol. septiembre de 2022;31(2):12-3.
53. Ramirez J, Chia B, Rincon L. Lesiones Por Sobreesfuerzo En El Personal De Enfermería Del Hospital Universitario San Ignacio (HUSI). 2017 [citado 4 de marzo de 2025]; Disponible en: https://repository.uniminuto.edu/server/api/core/bitstreams/ebbfd4ec-645a-4a40-806f-f08c56ffc5ac/content
54. Sun W, Zhang H, Tang L, He Y, Tian S. The factors of non-specific chronic low back pain in nurses: A meta-analysis. J Back Musculoskelet Rehabil. 2021;34(3):343-53.

55. World Health Organization. Occupational injuries [Internet]. [citado 4 de marzo de 2025]. Disponible en: https://www.who.int/es/tools/occupational-hazards-in-health-sector/occupational-injuries
56. Chang VC, Guerriero EN, Colantonio A. Epidemiology of work-related traumatic brain injury: a systematic review. Am J Ind Med. abril de 2015;58(4):353-77.
57. Whiteneck GG, Cuthbert JP, Corrigan JD, Bogner JA. Risk of Negative Outcomes After Traumatic Brain Injury: A Statewide Population-Based Survey. J Head Trauma Rehabil. 2016;31(1):E43-54.
58. Finkelstein E, Corso PS, Miller TR. The Incidence and Economic Burden of Injuries in the United States. Oxford University Press; 2006. 202 p.
59. Fu TS, Jing R, McFaull SR, Cusimano MD. Health & Economic Burden of Traumatic Brain Injury in the Emergency Department. Can J Neurol Sci J Can Sci Neurol. marzo de 2016;43(2):238-47.
60. Tiesman HM, Konda S, Bell JL. The epidemiology of fatal occupational traumatic brain injury in the U.S. Am J Prev Med. julio de 2011;41(1):61-7.
61. Bottlang M, DiGiacomo G, Tsai S, Madey S. Effect of helmet design on impact performance of industrial safety helmets. Heliyon [Internet]. 1 de agosto de 2022 [citado 4 de marzo de 2025];8(8). Disponible en: https://www.cell.com/heliyon/abstract/S2405-8440(22)01250-6
62. Williams AA, Marc J. Traumatic workplace injuries: A cross-sectional analysis of OSHA severe injury reports, including the impacts of seasonality and COVID-19 from 2015 to 2022. J Safety Res. 1 de diciembre de 2024;91:38-49.
63. Moscote-Salazar LR, M Rubiano A, Alvis-Miranda HR, Calderon-Miranda W, Alcala-Cerra G, Blancas Rivera MA, et al. Severe Cranioencephalic Trauma: Prehospital Care, Surgical Management and Multimodal Monitoring. Bull Emerg Trauma. enero de 2016;4(1):8-23.
64. Faul M, Coronado V. Epidemiology of traumatic brain injury. Handb Clin Neurol. 2015;127:3-13.

65. Charry JD, Cáceres JF, Salazar AC, López LP, Solano JP. Trauma craneoencefálico. Revisión de la literatura. Rev Chil Neurocir. 5 de septiembre de 2019;43(2):177-82.
66. Lozano D, Gonzales-Portillo GS, Acosta S, de la Pena I, Tajiri N, Kaneko Y, et al. Neuroinflammatory responses to traumatic brain injury: etiology, clinical consequences, and therapeutic opportunities. Neuropsychiatr Dis Treat. 2015;11:97-106.
67. McKee CA, Lukens JR. Emerging Roles for the Immune System in Traumatic Brain Injury. Front Immunol. 2016;7:556.
68. Mustafa AG, Alshboul OA. Pathophysiology of traumatic brain injury. Neurosci Riyadh Saudi Arab. julio de 2013;18(3):222-34.
69. Schepici G, Silvestro S, Bramanti P, Mazzon E. Traumatic Brain Injury and Stem Cells: An Overview of Clinical Trials, the Current Treatments and Future Therapeutic Approaches. Medicina (Mex). 19 de marzo de 2020;56(3):137.
70. Hinzman JM, Thomas TC, Quintero JE, Gerhardt GA, Lifshitz J. Disruptions in the regulation of extracellular glutamate by neurons and glia in the rat striatum two days after diffuse brain injury. J Neurotrauma. 10 de abril de 2012;29(6):1197-208.
71. Thapa K, Khan H, Singh TG, Kaur A. Traumatic Brain Injury: Mechanistic Insight on Pathophysiology and Potential Therapeutic Targets. J Mol Neurosci MN. septiembre de 2021;71(9):1725-42.
72. Agudelo SPE, Herrera S de la C, Correa NG, Ramírez MCG, Montoya JM, Zapata SR, et al. Asbestosis: epidemiología, prevención y tratamiento (Asbestosis: epidemiology, prevention and treatment) (Asbestose: epidemiologia, prevenção e tratamento). CES Salud Pública. 26 de octubre de 2012;3(2):251-8.
73. Quadri SA, Farooqui M, Ikram A, Zafar A, Khan MA, Suriya SS, et al. Recent update on basic mechanisms of spinal cord injury. Neurosurg Rev. 1 de abril de 2020;43(2):425-41.

74. Hayta E, Elden H. Acute spinal cord injury: A review of pathophysiology and potential of non-steroidal anti-inflammatory drugs for pharmacological intervention. J Chem Neuroanat. 1 de enero de 2018;87:25-31.
75. Oyinbo CA. Secondary injury mechanisms in traumatic spinal cord injury: a nugget of this multiply cascade. Acta Neurobiol Exp (Warsz). 2011;71(2):281-99.
76. Bastien D, Lacroix S. Cytokine pathways regulating glial and leukocyte function after spinal cord and peripheral nerve injury. Exp Neurol. agosto de 2014;258:62-77.
77. Ferrante MA. The Assessment and Management of Peripheral Nerve Trauma. Curr Treat Options Neurol. julio de 2018;20(7):25.
78. Fernandez-Lázaro D. Degeneración y Regeneración Neural: BASES CELULARES DE LA DEGENERACIÓN Y REGENERACIÓN EN LAS LESIONES DE LOS NERVIOS PERIFÉRICOS [Internet]. 2024 [citado 5 de marzo de 2025]. Disponible en: https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/72259/1%20y%202%20Degeneraci%C3%B3n%20Regeneraci%C3%B3n%20y%20Plasticidad.pdf?sequence=1
79. Sunderland S. The anatomy and physiology of nerve injury. Muscle Nerve. septiembre de 1990;13(9):771-84.
80. Robinson LR. How electrodiagnosis predicts clinical outcome of focal peripheral nerve lesions. Muscle Nerve. septiembre de 2015;52(3):321-33.
81. Osiak K, Elnazir P, Walocha JA, Pasternak A. Carpal tunnel syndrome: state-of-the-art review. Folia Morphol. 2022;81(4):851-62.
82. Diaz-Garcia RJ, Chung KC. A Comprehensive Guide on Restoring Grasp Using Tendon Transfer Procedures for Ulnar Nerve Palsy. Hand Clin. 1 de agosto de 2016;32(3):361-8.
83. Rivera JJZ, Correa JFC, Becerra EN, Almejo LL, Sahagún JÁV. Neuropatía compresiva del nervio radial. 2014;10(1).
84. Watson JC, Dyck PJB. Peripheral Neuropathy: A Practical Approach to Diagnosis and Symptom Management. Mayo Clin Proc. julio de 2015;90(7):940-51.

85. Goubier JN, Battiston B, Casanas J, Quick T. Adult traumatic brachial plexus injuries: advances and current updates. J Hand Surg Eur Vol. junio de 2024;49(6):734-46.
86. Ananias J, Pino PA. Lesiones del plexo braquial en adultos: una revisión narrativa de la literatura. Rev.chil.ortop.traumatol. 2022;40-50.
87. Dydyk AM, Hameed S. Lumbosacral Plexopathy. En: StatPearls [Internet] [Internet]. StatPearls Publishing; 2023 [citado 5 de marzo de 2025]. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK556030/
88. Fundación Laboral de la Construcción. Prevención de riesgos en trabajos expuestos a vibraciones en el sector de la construcción [Internet]. 2017 [citado 5 de marzo de 2025]. Disponible en: https://www.lineaprevencion.com/uploads/lineaprevencion/contenidos/files/arch5cff70e91ebbf.pdf
89. Griffin MJ. Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo: Vibraciones [Internet]. 2012 [citado 5 de marzo de 2025]. Disponible en: https://www.cso.go.cr/temas_de_interes/higiene/agentes/fisico/00_vibraciones.pdf
90. Gerhardsson L, Ahlstrand C, Ersson P, Gustafsson E. Vibration-induced injuries in workers exposed to transient and high frequency vibrations. J Occup Med Toxicol Lond Engl. 17 de junio de 2020;15:18.
91. Arias Castro G de J, Martínez Oropesa C, Reyes CA. Evaluación de las vibraciones globales transmitidas a trabajadores en una empresa agroindustrial productora de azúcar. Salud Los Trab. junio de 2016;24(1):27-37.
92. Taylor CA, Bell JM, Breiding MJ, Xu L. Traumatic Brain Injury-Related Emergency Department Visits, Hospitalizations, and Deaths - United States, 2007 and 2013. Morb Mortal Wkly Rep Surveill Summ Wash DC 2002. 17 de marzo de 2017;66(9):1-16.
93. Robinson CP. Moderate and Severe Traumatic Brain Injury. Contin Minneap Minn. 1 de octubre de 2021;27(5):1278-300.
94. McNamara R, Meka S, Anstey J, Fatovich D, Haseler L, Jeffcote T, et al. Development of Traumatic Brain Injury Associated Intracranial

Hypertension Prediction Algorithms: A Narrative Review. J Neurotrauma. marzo de 2023;40(5-6):416-34.

95. Dewan MC, Rattani A, Gupta S, Baticulon RE, Hung YC, Punchak M, et al. Estimating the global incidence of traumatic brain injury. 27 de abril de 2018 [citado 4 de marzo de 2025]; Disponible en: https://thejns.org/view/journals/j-neurosurg/130/4/article-p1080.xml
96. Postupna N, Rose SE, Gibbons LE, Coleman NM, Hellstern LL, Ritchie K, et al. The Delayed Neuropathological Consequences of Traumatic Brain Injury in a Community-Based Sample. Front Neurol [Internet]. 16 de marzo de 2021 [citado 4 de marzo de 2025];12. Disponible en: https://www.frontiersin.org/journals/neurology/articles/10.3389/fneur.2021.624696/full
97. Ekdahl N, Möller MC, Deboussard CN, Stålnacke BM, Lannsjö M, Nordin LE. Investigating cognitive reserve, symptom resolution and brain connectivity in mild traumatic brain injury. BMC Neurol. 20 de diciembre de 2023;23(1):450.
98. Bustamante Bozzo R. Traumatismo raquimedular. Rev Chil Anest. 2021;(50):126:158.
99. Gautschi OP, Woodland PR, Zellweger R. Complete medulla/cervical spinal cord transection after atlanto-occipital dislocation: An extraordinary case. Spinal Cord. mayo de 2007;45(5):387-93.
100. Marqués AM, Velasco MEF. Definición de lesión medular. 2011;
101. Berríos Águila JE, Benítez Pérez MO, Hidalgo Mesa C. Importancia clínica de los síndromes cordonales combinados. Medicentro Electrónica. junio de 2017;21(2):180-3.
102. Hasslacher-Arellano JF, Domínguez-Carrillo LG, Mora-Constantino J, Domínguez-Gasca LG, Hasslacher-Arellano JF, Domínguez-Carrillo LG, et al. Síndrome medular del cordón posterior. Acta Médica Grupo Ángeles. septiembre de 2016;14(3):179-80.
103. Rodríguez SMPG, Cerdán STB, López SRSE, Vázquez SIA, Mateos SMR, Pineda SMPM. Síndrome de Brown Sequard tras traumatismo penetrante. Seram [Internet]. 18 de mayo de 2021 [citado 5 de marzo de 2025];1(1).

Disponible en: https://piper.espacio-seram.com/index.php/seram/article/view/4537

104. Urrutia-Stamatio B, Betancourt-Villaruel Aldana JC, López-Fernández M, Ocampo-Bustos KI, Padilla-Rubio J. Síndrome de Brown-Séquard secundario a traumatismo craneoencefálico leve en paciente con canal cervical estrecho asintomático. Reporte de un caso y revisión de la literatura médica. Rev Mex Neurocienc. 30 de enero de 2019;19(5):1591.
105. Brouwers E, van de Meent H, Curt A, Starremans B, Hosman A, Bartels R. Definitions of traumatic conus medullaris and cauda equina syndrome: a systematic literature review. Spinal Cord. octubre de 2017;55(10):886-90.
106. Parra MW, Ordoñez CA, Mejia D, Caicedo Y, Lobato JM, Castro OJ, et al. El control de daños en el choque neurogénico refractario: propuesta de un nuevo algoritmo de manejo. Colomb Médica [Internet]. junio de 2021 [citado 5 de marzo de 2025];52(2). Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1657-95342021000200416&lng=en&nrm=iso&tlng=es
107. Irvine KA, Clark JD. Chronic Pain After Traumatic Brain Injury: Pathophysiology and Pain Mechanisms. Pain Med Malden Mass. 1 de julio de 2018;19(7):1315-33.
108. Mordillo-Mateos L, Sánchez-Ramos A, Coperchini F, Bustos-Guadamillas I, Alonso-Bonilla C, Vargas-Baquero E, et al. Development of chronic pain in males with traumatic spinal cord injury: role of circulating levels of the chemokines CCL2 and CXCL10 in subacute stage. Spinal Cord. noviembre de 2019;57(11):953-9.
109. Scholz J, Finnerup NB, Attal N, Aziz Q, Baron R, Bennett MI, et al. The IASP classification of chronic pain for ICD-11: chronic neuropathic pain. Pain. enero de 2019;160(1):53-9.
110. Rosner J, Lütolf R, Hostettler P, Villiger M, Clijsen R, Hohenauer E, et al. Assessment of neuropathic pain after spinal cord injury using quantitative pain drawings. Spinal Cord. mayo de 2021;59(5):529-37.

111. Jang JY, Lee SH, Kim M, Ryu JS. Characteristics of neuropathic pain in patients with spinal cord injury. Ann Rehabil Med. junio de 2014;38(3):327-34.
112. Gerardo CI. Dolor neuropático, clasificación y estrategias de manejo para médicos generales. Rev Médica Clínica Las Condes. marzo de 2014;25(2):189-99.
113. Prats FL. Lesiones nerviosas periféricas. Síndromes canaliculares.
114. Organización Iberoamericana de Seguridad Social. Riesgo de exposición laboral a vibraciones mecánicas [Internet]. 2019 [citado 5 de marzo de 2025]. Disponible en: https://oiss.org/wp-content/uploads/2019/06/MT19-Riesgo-de-exposicion-laboral-a-vibraciones-mecanicas.pdf
115. Popiołek A, Billewicz M, Lis L, Makowska K, Marczyk A, Pietrzykowska J, et al. Hand Arm Vibration Syndrome [HAVS]: What Do We Know So Far? - Journal Review. Ortop Traumatol Rehabil. 31 de agosto de 2024;26(4):121-30.
116. Giner J, Mesa Galán L, Yus Teruel S, Guallar Espallargas MC, Pérez López C, Isla Guerrero A, et al. El traumatismo craneoencefálico severo en el nuevo milenio. Nueva población y nuevo manejo. Neurología. 1 de junio de 2022;37(5):383-9.
117. Lee S, Zhao X, Hatch M, Chun S, Chang E. Central Neuropathic Pain in Spinal Cord Injury. Crit Rev Phys Rehabil Med. 2013;25(3-4):159-72.
118. Residente de 3er año de la especialidad de Medicina de Urgencias del Hospital Gustavo A. Rovirosa Pérez, Perez-Mendoza K, Anlehu-Tello A, Docente Investigador de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, De La Vega-Pérez RB, Coordinador de la especialidad en Medicina Urgencias del Hospital Gustavo A. Rovirosa Pérez. Benefits of full body tomography in polytraumatized patients. Actual MEDICA. 30 de abril de 2019;104(806):31-5.
119. John A, Rossettie S, Rafael J, Cox C, Ducic I, Mackay B. Assessment of Motor Function in Peripheral Nerve Injury and Recovery. Orthop Rev [Internet]. 13 de septiembre de 2022 [citado 6 de marzo de 2025];14(3). Disponible en:

https://orthopedicreviews.openmedicalpublishing.org/article/37578-assessment-of-motor-function-in-peripheral-nerve-injury-and-recovery

120. Gagliardo A, Toia F, Maggì F, Mariolo AV, Cillino M, Moschella F. Clinical neurophysiology and imaging of nerve injuries: preoperative diagnostic work-up and postoperative monitoring. Plast Aesthetic Res. 15 de julio de 2015;2(0):149-55.
121. Páucar C, Luís J. Manejo inicial del paciente con trauma craneoencefálico e hipertensión endocraneana aguda. Acta Médica Peru. enero de 2011;28(1):39-45.
122. Rupp R, Biering-Sørensen F, Burns SP, Graves DE, Guest J, Jones L, et al. International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury. Top Spinal Cord Inj Rehabil. 1 de marzo de 2021;27(2):1-22.
123. Zimmer MB, Nantwi K, Goshgarian HG. Effect of Spinal Cord Injury on the Respiratory System: Basic Research and Current Clinical Treatment Options. J Spinal Cord Med. 2007;30(4):319-30.
124. Weeks DL, Ambrose SB, Tindall AG. The utility of the Modified Mini-Mental State Examination in inpatient rehabilitation for traumatic brain injury: preliminary findings. Brain Inj. 6 de junio de 2020;34(7):881-8.
125. Maita STB. La importancia de la evaluación psicológica forense en los accidentes de trabajo. Rev Derecho Procesal Trab. 23 de junio de 2023;6(7):155-74.
126. Chillerón MJV, Reverte IL, Luna D, Casbas TM, Pejó LA, Chordá VMG. Explorando la validez de constructo del índice de Barthel en una muestra de pacientes hospitalizados españoles. Enferm Clínica. 2023;33(5):370-4.
127. Grey N, Kennedy P. The Functional Independence Measure: a comparative study of clinician and self ratings. Spinal Cord. julio de 1993;31(7):457-61.
128. Patel L. Perceived Self-Efficacy in Individuals with Moderate-to-Severe Brain Injury: The Effects of Rehabilitation Outcomes and Depression. 2017;
129. Hoe VC, Urquhart DM, Kelsall HL, Zamri EN, Sim MR. Ergonomic interventions for preventing work-related musculoskeletal disorders of the upper limb and neck among office workers. Cochrane Database Syst Rev. 23 de octubre de 2018;2018(10):CD008570.

130. Hearn SL, Jorgensen SP, Gabet JM, Carter GT. Occupational nerve injuries. Muscle Nerve [Internet]. 2024 [citado 6 de marzo de 2025];n/a(n/a). Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/mus.28099
131. Vande Vyvere T, Pisică D, Wilms G, Claes L, Van Dyck P, Snoeckx A, et al. Imaging Findings in Acute Traumatic Brain Injury: a National Institute of Neurological Disorders and Stroke Common Data Element-Based Pictorial Review and Analysis of Over 4000 Admission Brain Computed Tomography Scans from the Collaborative European NeuroTrauma Effectiveness Research in Traumatic Brain Injury (CENTER-TBI) Study. J Neurotrauma. octubre de 2024;41(19-20):2248-97.
132. Rafay M, Gulzar F, Iqbal N, Sharif S. Prognostic computed tomography Scores in traumatic brain injury. Clin Neurol Neurosurg. 1 de agosto de 2020;195:105957.
133. Cicuendez M, Castaño-León A, Ramos A, Hilario A, Gómez PA, Lagares A. Resonancia magnética en el traumatismo craneal grave: estudio comparativo de las diferentes secuencias de resonancia magnética convencional y su valor diagnóstico en la lesión axonal difusa. Neurocirugía. 1 de noviembre de 2017;28(6):266-75.
134. Stocchetti N, Maas AIR. Traumatic intracranial hypertension. N Engl J Med. 29 de mayo de 2014;370(22):2121-30.
135. González-García E, Vilela-Soler C, Romà-Ambrosio J, Fenollosa-Entrena B. Utilización de potenciales evocados en el seguimiento y pronóstico de pacientes en coma por traumatismo craneoencefálico grave. Rev Neurol. Invalid date;44(7):404-10.
136. Sharon I. Evaluación de la lesión nerviosa aguda [Internet]. 2021 [citado 6 de marzo de 2025]. Disponible en: https://emedicine.medscape.com/article/249621-workup#c5
137. Dong Y, Alhaskawi A, Zhou H, Zou X, Liu Z, Ezzi SHA, et al. Imaging diagnosis in peripheral nerve injury. Front Neurol. 14 de septiembre de 2023;14:1250808.

138. Krajnak K. Health effects associated with occupational exposure to hand-arm or whole body vibration. J Toxicol Environ Health B Crit Rev. 2018;21(5):320-34.
139. Departamento de Seguros de Texas, División de Compensación para Trabajadores,. La Prevención de Resbalones, Tropezones y Caídas. 2022;
140. Vicente-Herrero MT, Casal Fuentes ST, Espí-López GV, Fernández-Montero A, Vicente-Herrero MT, Casal Fuentes ST, et al. Low back pain in workers. Occupational risk and related variables. Rev Colomb Reumatol. diciembre de 2019;26(4):236-45.
141. Bureau of Labor Statistics [Internet]. [citado 5 de marzo de 2025]. Fatal injuries from ladders down in 2020; nonfatal ladder injuries were essentially unchanged : The Economics Daily: U.S. Bureau of Labor Statistics. Disponible en: https://www.bls.gov/opub/ted/2022/fatal-injuries-from-ladders-down-in-2020-nonfatal-ladder-injuries-were-essentially-unchanged.htm
142. Phillips JP. Workplace Violence against Health Care Workers in the United States. N Engl J Med. 28 de abril de 2016;374(17):1661-9.
143. Viano DC. History of airbag safety benefits and risks. Traffic Inj Prev. 2024;25(3):268-87.
144. Gordillo Martín R, Hontoria Hernández MI, Juguera Rodríguez L, Díaz Hernández JA, Serrano Martínez FJ, Alonso Ibáñez L, et al. [Biomechanical analysis of cervical spine movement on removal of motorcycle helmets]. Emerg Rev Soc Espanola Med Emerg. julio de 2017;29(4):249-52.
145. Occupation Health and Safety. Engaging workers in slip, trip and fall prevention. 2022 [citado 5 de marzo de 2025]; Disponible en: https://open.alberta.ca/dataset/70e1b3a4-114b-4b6f-9da0-67c58dafc999/resource/0272cab3-9168-4d4f-baf7-fbbf484d0505/download/lbr-ohs-slip-trip-fall-worker-engagement-pis021-2022-05.pdf
146. Hussain R, Pedro A, Lee DY, Pham HC, Park CS. Impact of safety training and interventions on training-transfer: targeting migrant construction workers. Int J Occup Saf Ergon JOSE. junio de 2020;26(2):272-84.

147. Occupational Safety and Health Administration. Occupational Safety and Health Standards (29 CFR 1910) [Internet]. 2019 [citado 5 de marzo de 2025]. Disponible en: https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910
148. Martínez XKB, Pantoja ACM, Benavides DRN, Benavides LFV, Trespalacios EMV. Accidente laboral y estresores de la organización del trabajo en el personal de salud: una mirada desde la seguridad y la salud en el trabajo: revisión narrativa. Med UPB. 2023;42(1):57-66.
149. Lin TY, Teixeira MJ, Fischer AA, Barboza HFG, Imamura ST, Mattar R, et al. Work-Related Musculoskeletal Disorders. Phys Med Rehabil Clin N Am. 1 de febrero de 1997;8(1):113-7.
150. Lotti M, Bleecker ML. Chapter 1 - Principles and practice of occupational neurology: an overview. En: Lotti M, Bleecker ML, editores. Handbook of Clinical Neurology [Internet]. Elsevier; 2015 [citado 6 de marzo de 2025]. p. 3-8. (Occupational Neurology; vol. 131). Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444626271000019
151. Palmer KT. Carpal tunnel syndrome: The role of occupational factors. Best Pract Res Clin Rheumatol. febrero de 2011;25(1):15-29.
152. Iwakiri K, Sasaki T, Du T, Miki K, Oyama F. Manual rolling load and low back pain among workers in Japan: a cross-sectional study. J Occup Health. 4 de enero de 2024;66(1):uiae015.
153. Sundstrup E, Seeberg KGV, Bengtsen E, Andersen LL. A Systematic Review of Workplace Interventions to Rehabilitate Musculoskeletal Disorders Among Employees with Physical Demanding Work. J Occup Rehabil. diciembre de 2020;30(4):588-612.
154. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. J Appl Physiol Bethesda Md 1985. octubre de 2002;93(4):1318-26.
155. Dudek I, Hajduga D, Sieńko C, Maani A, Sitarz E, Sitarz M, et al. Alcohol-Induced Neuropathy in Chronic Alcoholism: Causes, Pathophysiology,

Diagnosis, and Treatment Options. Curr Pathobiol Rep. diciembre de 2020;8(4):87-97.

156. Dyck PJ, Albers JW, Andersen H, Arezzo JC, Biessels GJ, Bril V, et al. Diabetic polyneuropathies: update on research definition, diagnostic criteria and estimation of severity. Diabetes Metab Res Rev. octubre de 2011;27(7):620-8.
157. Rajajee V. Management of acute moderate and severe traumatic brain injury - UpToDate [Internet]. 2024 [citado 4 de marzo de 2025]. Disponible en: https://www.uptodate.com/contents/management-of-acute-moderate-and-severe-traumatic-brain-injury
158. Geeraerts T, Velly L, Abdennour L, Asehnoune K, Audibert G, Bouzat P, et al. Manejo del traumatismo craneoencefálico grave (primeras 24 horas). Anaesth Crit Care Pain Med. 1 de abril de 2018;37(2):171-86.
159. Flórez S, León M, Torres M, Reyes F, Serpa JC, Ríos AM. Manejo farmacológico del dolor neuropático. Rev Colomb Anestesiol. noviembre de 2009;37(4):356-72.
160. Bendaña JE. Dolor neuropático: actualización en definiciones y su tratamiento farmacológico. Rev Médica Hondureña. 30 de junio de 2020;88(1):48-51.
161. Kuffler DP, Foy C. Restoration of Neurological Function Following Peripheral Nerve Trauma. Int J Mol Sci. enero de 2020;21(5):1808.
162. Schwebel M, Michel T, Liverneaux P. Tratamiento y rehabilitación de las lesiones de los nervios periféricos. EMC - Kinesiterapia - Med Física. 1 de febrero de 2022;43(1):1-13.
163. Gómez JG, Cortés PH, Araya SC, García G, Moreno JAS, Mingorance MA, et al. Tratamiento de las lesiones de los nervios periféricos. Tendencias actuales del tratamiento quirúrgico. 2012;
164. Maugeri G, D'Agata V, Trovato B, Roggio F, Castorina A, Vecchio M, et al. The role of exercise on peripheral nerve regeneration: from animal model to clinical application. Heliyon. 29 de octubre de 2021;7(11):e08281.
165. Kendrick D, das Nair R, Kellezi B, Morriss R, Kettlewell J, Holmes J, et al. Vocational rehabilitation to enhance return to work after trauma

(ROWTATE): protocol for a non-randomised single-arm mixed-methods feasibility study. Pilot Feasibility Stud. 20 de enero de 2021;7(1):29.

166. Bloom B, Thomas S, Ahrensberg JM, Weaver R, Fowler A, Bestwick J, et al. A systematic review and meta-analysis of return to work after mild Traumatic brain injury. Brain Inj. 2018;32(13-14):1623-36.
167. Theadom A, Barker-Collo S, Jones K, Kahan M, Te Ao B, McPherson K, et al. Work Limitations 4 Years After Mild Traumatic Brain Injury: A Cohort Study. Arch Phys Med Rehabil. agosto de 2017;98(8):1560-6.
168. de Koning ME, Scheenen ME, van der Horn HJ, Timmerman ME, Hageman G, Roks G, et al. Prediction of work resumption and sustainability up to 1 year after mild traumatic brain injury. Neurology. 31 de octubre de 2017;89(18):1908-14.
169. Wäljas M, Iverson GL, Lange RT, Liimatainen S, Hartikainen KM, Dastidar P, et al. Return to work following mild traumatic brain injury. J Head Trauma Rehabil. 2014;29(5):443-50.
170. Faulkner JW, Snell DL, Theadom A, Mahon S, Barker-Collo S. The role of psychological flexibility in recovery following mild traumatic brain injury. Rehabil Psychol. noviembre de 2021;66(4):479-90.
171. Silverberg ND, Panenka WJ, Iverson GL. Fear Avoidance and Clinical Outcomes from Mild Traumatic Brain Injury. J Neurotrauma. 15 de agosto de 2018;35(16):1864-73.
172. Graff HJ, Deleu NW, Christiansen P, Rytter HM. Facilitators of and barriers to return to work after mild traumatic brain injury: A thematic analysis. Neuropsychol Rehabil. octubre de 2021;31(9):1349-73.
173. Cairncross M, Debert CT, Hunt C, Bayley MT, Comper P, Chandra T, et al. Normative Data for the Fear Avoidance Behavior After Traumatic Brain Injury Questionnaire in a Clinical Sample of Adults With Mild TBI. J Head Trauma Rehabil. 1 de octubre de 2021;36(5):E355-62.
174. Cassetta BD, Cairncross M, Brasher PMA, Panenka WJ, Silverberg ND. Avoidance and endurance coping after mild traumatic brain injury are associated with disability outcomes. Rehabil Psychol. mayo de 2021;66(2):160-9.

175. Suhr J, Spickard B. Pain-related fear is associated with cognitive task avoidance: exploration of the cogniphobia construct in a recurrent headache sample. Clin Neuropsychol. 2012;26(7):1128-41.
176. Snell DL, Faulkner JW, Williman JA, Silverberg ND, Theadom A, Surgenor LJ, et al. Fear avoidance and return to work after mild traumatic brain injury. Brain Inj [Internet]. 12 de mayo de 2023 [citado 4 de marzo de 2025]; Disponible en: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02699052.2023.2180663
177. Ceballos-Sáenz DP, García-Calderón N, Jiménez-Ávila JM. Retorno laboral en pacientes con lesión medular traumática en un centro hospitalario de México. Rehabilitación. 1 de abril de 2021;55(2):98-103.
178. Terry DP, Iverson GL, Panenka W, Colantonio A, Silverberg ND. Workplace and non-workplace mild traumatic brain injuries in an outpatient clinic sample: A case-control study. PLoS ONE. 1 de junio de 2018;13(6):e0198128.
179. Escorpizo R, Smith EM, Finger ME, Miller WC. Work and Employment Following Spinal Cord Injury. 2018;
180. Lidal IB, Huynh TK, Biering-Sørensen F. Return to work following spinal cord injury: a review. Disabil Rehabil. enero de 2007;29(17):1341-75.