



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

SECRETARIA DE SALUD

INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN

Luis Guillermo Ibarra Ibarra

ESPECIALIDAD EN:

Medicina de Rehabilitación

***ALTERACIONES COGNITIVAS EN PACIENTES
CON LESIÓN MEDULAR Y SU ASOCIACIÓN
CON PARÁMETROS RESPIRATORIOS***

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE
MÉDICO ESPECIALISTA EN:
MEDICINA DE REHABILITACIÓN

P R E S E N T A:

Dra. Miyuki Mariana Takata Rodríguez

PROFESOR TITULAR

Dr. Roberto Coronado Zarco

DIRECTORA DE TESIS

Dra. Jimena Quinzaños Fresnedo



Ciudad de México

Agosto 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

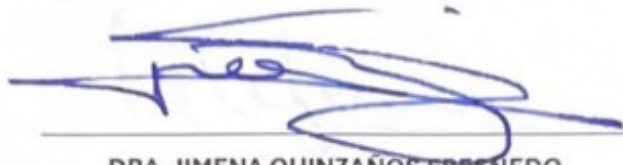
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

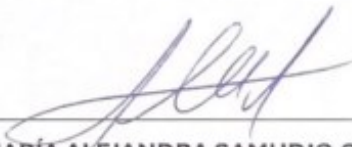
**"Alteraciones cognitivas en pacientes con lesión medular y su asociación con
parámetros respiratorios"**



DR. ROBERTO CORONADO ZARCO
PROFESOR TITULAR

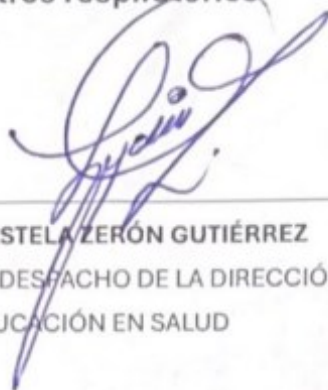


DRA. JIMENA QUINZANOS FRESNEDO
DIRECTORA DE TESIS



MTRA. MARÍA ALEJANDRA SAMUDIO CRUZ
ASESORA DE TESIS

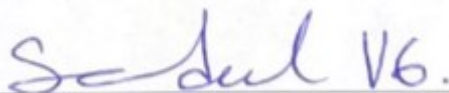
**"Alteraciones cognitivas en pacientes con lesión medular y su asociación con
parámetros respiratorios"**



DRA. LYDIA ESTELA ZERÓN GUTIÉRREZ
ENCARGADA DE DESPACHO DE LA DIRECCIÓN
DE EDUCACIÓN EN SALUD



DR. HUMBERTO VARGAS FLORES
SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN MÉDICA



DR. ROGELIO SANDOVAL VEGA GIL
JEFE DEL SERVICIO DE EDUCACIÓN MÉDICA DE POSGRADO

Dedicatoria

A mis abuelos que me dieron hermosas raíces.

Ojiichan que siempre me celebró y dejó ser; Bachan que nos da ejemplo de fuerza y resiliencia.

Tía Yuri que me apoya en mis locuras y momentos difíciles; tía Emi que siempre está pendiente a la distancia.

Mis padres Irma e Isamu que son mi hogar, se esforzaron cada día y me impulsaron para llegar.

Mis hermanos Ken y Hir los admiro, son el mejor regalo y compañía que existe.

A Momo, Opie y Jax, el amor más puro y desinteresado, compañeros de desvelos, siestas y paseos.

Al resto de mi familia, y a todos los que ya no están, por los aprendizajes.

A mis amigos Ed, Aldo, Alex, Ari, Ali, Jhan, Mari, Vale y toda mi Guardia C, por el cariño y las risas.

A Benja, que es un sol, mi equipo y ser humano favorito, que convierte todos los días en Navidad y me inspira a mejorar.

Los amo, cada latido, respiración y mi vida es para ustedes.

Agradecimientos

A la Doctora Jimena Quinzaños Fresnedo, Jefa de la División de Rehabilitación Neurológica del Instituto Nacional de Rehabilitación. Directora de esta tesis, ejemplo de profesionalismo y pasión por la investigación y el área clínica, gran mujer y ser humano. Por su tiempo, paciencia y conocimientos.

A la Maestra María Alejandra Samudio Cruz, quien dirigió la aplicación de las evaluaciones en conjunto con los integrantes del área de Neuropsicología, sin su trabajo este estudio no sería posible.

A la Doctora Aida Barrera Ortiz, Jefa del Servicio de Lesión Medular; la Doctora Marlene Rodríguez Barragán, y la Doctora Fabiola Monserrat Palomino Ramos, quienes son parte esencial de nuestra formación, que también apoyaron al estudio, facilitaron y fomentaron la participación de sus pacientes.

Índice

Contenido

Resumen	6
Introducción	7
Objetivos	8
Hipótesis.....	9
Marco teórico.....	9
Justificación	23
Planteamiento del problema	25
Material y métodos.....	25
Metodología.....	25
Resultados.....	32
Discusión	42
Conclusión.....	47
Bibliografía	47

Resumen

La lesión medular es una condición con consecuencias graves en el aspecto físico, emocional y social. La fisiopatología indica que hay una respuesta inflamatoria adaptativa, que puede llevar hacia daño secundario y a generar comorbilidades como: deterioro cognitivo, alteraciones en el estado de ánimo y en la mecánica respiratoria. En sujetos con saturación de oxígeno menor a 80% durante el sueño fisiológico, o con apnea obstructiva del sueño severa se presenta mayor alteración en la atención, procesamiento de la información, concentración y memoria. La coexistencia de alteraciones cognitivas en individuos con lesión medular tiene un impacto significativo en su grado de independencia y calidad de vida.

El objetivo del estudio es conocer la frecuencia e identificar las alteraciones cognitivas en pacientes con lesión medular y determinar si existe asociación entre la presencia de alteraciones cognitivas, sus variables sociodemográficas y clínicas con énfasis en parámetros respiratorios.

Se realizó un estudio clínico observacional, transversal, y analítico. Como universo de trabajo se tomaron todos los pacientes que acudieran al área de consulta externa y hospitalización del servicio de Lesión Medular, ya sean pacientes de primera vez o subsecuentes del Instituto Nacional de Rehabilitación LGII, y que reunieran los criterios de inclusión/exclusión.

Se observó significancia estadística respecto al desempeño en las pruebas neuropsicológicas con los antecedentes de uso de oxígeno suplementario, terapia respiratoria, uso de ventilación mecánica y mayor porcentaje de FIO₂. Estudios sobre el deterioro cognitivo posterior a una lesión medular demostraron algunas asociaciones con la edad, la educación, el consumo de alcohol y sustancias, y el traumatismo craneoencefálico concomitante. Otros factores que contribuyen al deterioro cognitivo en la lesión medular son: los problemas de aprendizaje, la fatiga, el dolor crónico y el uso de múltiples medicamentos.

Palabras clave: Lesión medular, alteraciones cognitivas, respiratorio, oxígeno, ventilación mecánica, hemoglobina.

Introducción

Es conocido que la lesión medular causa una afección multisistémica, ya que se presentan alteraciones sensitivas, motoras y autonómicas, dadas por la pérdida de la integridad estructural del tejido en la médula espinal.

Que se evidencia con deficiencia en funciones y estructura corporal, limitación en las actividades cotidianas previas y restricción en la participación del individuo. Lo que puede generar aislamiento social, de lo cual hay gran número de publicaciones (Hyun-Yoo Ko, 2019).

El estudio de la lesión medular pudo homogeneizarse gracias a los sistemas de clasificación, que hicieron posible la creación de la Escala de Discapacidad de la Lesión Medular (AIS) de la Asociación Americana de Lesiones Medulares (ASIA) en 1992. (Haddad et al., 2021).

A grandes rasgos, la lesión medular puede clasificarse según su etiología, por dos causas principales: en traumática y no traumática, siendo la traumática la más frecuente.

Y según su fisiopatología la lesión medular traumática se divide en lesiones primarias y secundarias. Donde la primaria es ocasionada por una fuerza mecánica que altera la integridad estructural de la columna vertebral, con la consiguiente disrupción del tejido medular y por tanto de las vías que contiene; seguida de la lesión secundaria por una alteración de la vasculatura, daño a neuronas y oligodendrocitos con una cascada de señalización que genera inflamación y mayor afección tisular; y por temporalidad en aguda (menor a 48 horas), subaguda (desde las 48 horas hasta 14 días), intermedia (de 14 días a 6 meses) y crónica (mayor a 6 meses de evolución).

Además del daño físico, social y laboral que implica para el afectado y su red de apoyo; se da inicialmente la pérdida de independencia funcional, así como aumento en la tasa de mortalidad en comparación con individuos sanos, que se agrava a lo largo de la vida. (Ahuja et al., 2017).

De las múltiples complicaciones que acompañan a la lesión medular, las alteraciones cognitivas se presentan hasta en el 64% de los casos, con un riesgo trece veces mayor en

comparación con la población general. Se relaciona la etiología de esta complicación a factores como traumatismo craneoencefálico asociado, presencia de hipoxia, episodios de anoxia, disfunciones autonómicas, síndrome de apnea obstructiva del sueño, toxicomanías y consumo de algunos fármacos. (Alcántar-Garibay et al., 2022).

Existen diversas baterías y herramientas para la evaluación cognitiva de los pacientes con lesión medular, por ejemplo, la Escala de Independencia Funcional (FIM), desarrollada para la evaluación en gran diversidad de grupos con discapacidad, no obstante, carece de la sensibilidad que las evaluaciones neuropsicológicas sistemáticas poseen (Sachdeva R et al., 2018). Es posible emplear otras herramientas como la National Institutes of Health Toolbox Cognition Battery (NIHTB-CB) y la Neuropsychiatry Unit Cognitive Assessment Tool (NUCOG), con la limitación conocida para aquellas personas con limitación en el uso de las extremidades superiores; además de ser herramientas de tamizaje. La validez del NUCOG, radica en las instrucciones alternativas creadas para los individuos con restricción de la movilidad, no obstante, es recomendable la aplicación adicional de pruebas neuropsicológicas especializadas para una evaluación integral de los dominios cognitivos. También se ha demostrado la alta confiabilidad en individuos con diagnóstico de lesión medular herramientas como el Digit Span Task, Stroop Test, Trail Making Test (TMT) A&B, Symbol Digit Modalities Test (SDMT) y Controlled Oral Word Association Test (COWAT) (Li F et al., 2021).

Objetivos

Objetivo general:

Conocer la frecuencia e identificar alteraciones cognitivas en pacientes con lesión medular, así como determinar si existe asociación entre la presencia de alteraciones cognitivas, sus variables sociodemográficas y clínicas, con énfasis en parámetros respiratorios.

Objetivos específicos:

1. Describir las alteraciones cognitivas en pacientes con lesión medular.

2. Describir la asociación entre diferentes variables clínicas -con énfasis en los parámetros respiratorios y sociodemográficas con la presencia de alteraciones cognitivas.

Hipótesis

Se espera encontrar resultados similares a los reportados en la literatura internacional.

Marco teórico

-Generalidades de la Lesión Medular

La lesión medular es un evento complejo, consistente en la alteración de los sistemas corporales debido a una disfunción motora, sensorial y autonómica; que es provocada por un daño en su estructura (Saef, 2024). Es decir, derivado de la interrupción de las vías nerviosas que comunican al encéfalo con el resto del organismo, y como consecuencia el cese de las funciones por debajo del nivel de la lesión. Situación que frecuentemente resulta en discapacidad permanente y severa (Cifu & Eapen, 2021).

-Estadísticas

A grandes rasgos, la lesión medular puede clasificarse según su etiología, por dos causas principales: en traumática y no traumática, siendo la traumática la más frecuente.

A nivel internacional, la Organización Mundial de la Salud en el 2013, estimaba que cada año se dan alrededor de 250 mil y 500 mil casos de lesión medular (WHO, 2013). Por su parte en 2023, el Centro Nacional Estadístico de Lesión Medular de Estados Unidos de América (NSCISC), reportó que en el año 2022 la incidencia de lesión medular de etiología traumática fue de 54 casos por cada millón de habitantes, lo cual equivale a 18 mil nuevos casos al año. Con una prevalencia estimada de 302,000 personas con lesión medular traumática en Estados Unidos de América y una edad promedio de 29 años al momento de la lesión en los años setenta, dato que cambió desde 2015 donde se extendió hasta los 43 años.

Actualmente, persiste una mayor incidencia en hombres de hasta el 79%; de estos casos son caucásicos el 56.1%, afrodescendientes 24.7% y de origen hispano 14.4%. La causa principal son los accidentes en vehículo motor, seguido de caídas de altura, violencia, y por último deportes o actividades recreativas. Respecto al nivel y extensión de la lesión desde 2015 la estadística apunta que el 47.1% corresponden a una tetraplejia incompleta, 20.1% a paraplejia incompleta, seguido de paraplejia completa en 19.8% y tetraplejia completa en 12.5% (NSCISC, 2023).

En México, no existen datos certeros para este padecimiento. No obstante, se describe en un artículo de 2016 publicado en *Spinal Cord*, que la edad media al momento de la lesión medular es aproximadamente de 37.9 años, la razón hombre/mujer de 3:5, como hallazgo común baja escolaridad, el mecanismo de lesión más común fueron las caídas de altura, seguido de los accidentes en vehículo motor, actos de violencia y deportes; y el predominio de la extensión de la lesión fue paraplejia completa (Rodriguez-Meza, 2016).

Otro artículo en la misma revista *Spinal Cord*, realizado con una muestra de 433 pacientes, se menciona que tanto para causa traumática como no traumática los hombres son afectados con mayor frecuencia. Dentro de los no traumáticos la causa principal es la compresión de origen tumoral, seguido de enfermedades degenerativas; y de etiología traumática los accidentes por vehículo motor, caídas de altura y actos violentos. (Zárate-Kalfópulos, Jiménez-González, Reyes-Sánchez, & et.Al., 2016).

-Mecanismos de lesión y etiología de la lesión medular

Dentro de la etiología traumática cobran relevancia los mecanismos de lesión asociados, que son: compresión, flexión-rotación, flexión bilateral e hiperextensión. En todas juegan un papel importante los mecanismos que proveen de estabilidad a la columna vertebral en condiciones de normalidad, como el complejo ligamentario, las estructuras óseas que componen las vértebras -cuerpo vertebral, apófisis y láminas-. Siendo la columna cervical la

más vulnerable, y cuya lesión frecuentemente genera a su vez mayor grado de discapacidad (Cuccurullo, 2019).

La médula espinal es el principal conducto por donde viaja información motora y sensitiva entre el cerebro y el resto del cuerpo, contiene tractos espinales y áreas centrales donde se concentra la mayor cantidad de cuerpos neuronales. La materia gris está organizada en segmentos de neuronas motoras y sensitivas, y sus axones salen y entran, respectivamente, a través de las raíces nerviosas. De acuerdo con su distribución, hay 8 raíces nerviosas en la columna cervical, 12 raíces en la columna torácica, 5 raíces lumbares y 5 raíces sacras. La médula espinal termina a nivel vertebral L1-L2 y la parte más distal se denomina como medular. Cada raíz nerviosa recibe información sensitiva de áreas de la piel denominadas dermatomas e información motora de grupos musculares conocidos como miotomas (ASIA & ISCoS, 2019).

En las de etiología no traumática, las de origen neoplásico son asociadas a metástasis, 70% ocurren a nivel torácico; y los tumores suelen ser extradurales hasta el 95%, con involucro de los cuerpos vertebrales. Otras causas no traumáticas son: las infecciosas, autoinmunes, inflamatorias, vasculares, tóxicas y metabólicas (Cifu & Eapen, 2021).

-Fisiopatología de la lesión medular

Sin embargo, dentro de la fisiopatología tanto de las lesiones medulares de causa traumática y no traumática, se comparte un insulto primario o directo al entramado celular - membranas neuronales, sus axones y vasos sanguíneos- que compone el tejido de la médula espinal; seguido de la lesión secundaria por ruptura de microvasculatura, hemorragia y edema, que agravan la isquemia, además de provocar citotoxicidad y desregulación iónica por la entrada de sodio y calcio.

Dicha lesión secundaria tiene una progresión en el tiempo, desde el momento agudo en que se da el insulto al tejido nervioso, se intensifica la reacción inflamatoria, e inician los

limitados mecanismos regenerativos del microambiente; hasta llegar a la cronificación donde se estabiliza la lesión (Fan, Wei, & Feng, 2021).

Puede decirse entonces que por temporalidad se divide en aguda -menor de 48 horas-, subaguda-48 horas a 14 días-, intermedia -14 días a 6 meses- y crónica -mayor a 6 meses-. Recientemente se ha descrito por investigación en modelos animales que los cambios más relevantes ocurren a partir del tercer día posterior al insulto primario, donde hay una pérdida rápida de las funciones neuronales, activación mitótica en los astrocitos, precursores de oligodendrocitos y microglía, que se acompañan de cambios dinámicos en las células endoteliales de la vasculatura, con infiltración de neutrófilos y células estromales; entre el día 3 y 14 post lesión primaria, se da una etapa de recuperación limitada en varios tipos celulares – incluyendo neuronas-, con formación de una cicatriz astrogliar, infiltración leucocitaria y más cambios en el endotelio; posterior a estos catorce días hay una reactivación de la microglía y mayor decremento de neuronas, astrocitos y células endoteliales, con un incremento continuo de la población leucocitaria.

Lo anterior tiene relevancia con relación a la intervención oportuna con terapia antiinflamatoria, como clave para la prevención de esta cadena de reacciones que a posteriori pueden generar mayores resultados adversos. Adicionalmente, esta prevención en la etapa temprana del choque neurogénico puede beneficiar a la reserva de neuronas funcionales. Debe atenderse también la segunda ola de activación de la microglía -aproximadamente a la segunda semana post lesión primaria-, ya que puede jugar un papel crítico en la progresión de la lesión. Lo que pone bajo reflectores las acciones de la microglía, como un blanco a tener en cuenta para el desarrollo de nueva terapéutica para el manejo de la lesión medular (Li & Al., 2022).

-Clasificación de la lesión medular

La presentación de este padecimiento, así como la necesidad de su estudio a profundidad y realización de investigaciones clínicas, requirió del desarrollo de un sistema de clasificación,

y fue en 1992 que se consolidó la Escala de Discapacidad de la Lesión Medular (AIS: *ASIA Impairment Scale*) de la Asociación Americana de Lesión Medular (ASIA: *American Spinal Injury Association*) (Haddad, Burke, & Dhall, 2021).

Donde a grandes rasgos en la Escala A: no hay preservación de la función motora ni sensitiva en segmentos sacros S4-S5; Escala B: se describe como sensitiva incompleta, en ella hay preservación sensitiva pero no motora en los segmentos más distales S4-S5 -tacto fino, dolor/tacto romo, o presión anal profunda-; Escala C: motora incompleta, con preservación motora en los segmentos sacros -contracción anal voluntaria-, o sensitiva incompleta y función motora preservada mas de tres segmentos por debajo del nivel motor ipsilateral -menos de la mitad de los músculos clave tienen una función motora mayor a 3-; Escala D: motora incompleta, tal como la Escala C, pero con al menos la mitad de los músculos con función mayor a 3; y Escala E: Normal -que previamente tenía déficit-. (ASIA & ISCoS, 2019).

Cabe mencionar que para la clasificación de cada caso además de lo anterior existe una complejidad, elementos y minucias a tomar en cuenta, que se describen ampliamente en las Normas Internacionales para la Clasificación Neurológica de Lesión de la Médula Espinal (ISNCSCI: *International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury*) y en aquellos casos que no son del todo claros pueden enviarse a la asociación o sesionarse en sus reuniones para su aclaración. Ya que la clasificación de la lesión es esencial en la planeación del proceso rehabilitatorio.

El grado de discapacidad que genera este padecimiento provoca cambios inmediatos y permanentes en la vida de los individuos. Anteriormente, en 1940 sólo sobrevivían unas pocas semanas entre el 10-20% de los afectados. Gracias a los avances de la tecnología se ha podido asegurar la supervivencia en hasta el 90% de los casos posterior a un año de la lesión, y cerca del 50% de estos llega a superar 40 años post lesión. Circunstancias que han llevado a expandir y mejorar los programas rehabilitatorios, y que sobre todo instan a la

reintegración social en sus comunidades, así como a la vida laboral (Sachdeva, Gao, & Krassioukov, 2018).

Dicho esto, como parte del proceso de recuperación es de vital importancia el aprendizaje, la práctica y la integración de nuevas habilidades. Todo ello puede verse obstaculizado si se afectaron dominios como la memoria, el aprendizaje y la capacidad de comunicación. Por lo cual toma relevancia valorar el estado cognitivo de los pacientes con lesión medular, y con base en ello adaptar y enfocar las estrategias rehabilitatorias para mitigar el deterioro cognitivo.

-Alteraciones cognitivas en individuos con lesión medular

En una publicación por Sachdeva, et.Al. se describe que hasta el 64% de los individuos con lesión medular muestran alteraciones cognitivas, con un riesgo trece veces mayor que la población general (Sachdeva, Gao, & Krassioukov, 2018).

Chiavaravalloti et.Al, en uno de sus artículos del año 2020, menciona que la afectación se da en varios dominios, sobre todo: la concentración, la memoria, la función ejecutiva, la flexibilidad cognitiva y la velocidad de procesamiento. (Chiaravalloti & Al., 2020).

Existe discrepancia en cuanto al porcentaje de afección, con variación de entre el diez hasta el sesenta por ciento, la mayor parte de los reportes no contienen una descripción, esto atribuido a las características de los estudios, como: la heterogeneidad de la muestra, tipo de estudio, características de la población, las herramientas utilizadas para evaluación, el tiempo de evolución de la lesión medular o el tipo de análisis estadístico. Otra variable para tomar en cuenta es que, al ser un alto porcentaje de las lesiones de etiología traumática, puede coexistir un traumatismo craneoencefálico en el mismo evento, y debido a ello un alto porcentaje tener como consecuencia el déficit cognitivo.

-Complicaciones en lesión medular

Dentro de la evolución de la lesión medular como entidad, existen una serie de complicaciones tanto agudas como crónicas, hay que recordar que se ven involucrados múltiples sistemas en el proceso.

De la afectación en las vías simpáticas se deriva la alteración en el tono vasomotor y del control del sistema cardiovascular. En contraste, de los individuos sin lesión medular, se sabe que las alteraciones cognitivas se relacionan al descontrol cardiovascular, la hipotensión e hipertensión sistémica, la hipoperfusión cerebral y la rigidez arterial.

En el caso de los individuos con lesión medular, en fases iniciales se puede presentar bradicardia y cifras bajas de tensión arterial, que se han asociado a cambios significativos en áreas como memoria, atención y velocidad de procesamiento. Por lo cual se recomienda mantener una perfusión cerebral eficaz -en adultos garantizando una presión intracraneal de 10-20 mmHg, en niños de 3-7 mmHg-, con medidas de balance hídrico y el uso de fármacos antihipotensivos como la midodrina (Wecht, 2022).

Otros eventos relacionados con la alteración de la perfusión cerebral por disfunción endotelial son las disrreflexias autonómicas. La disrreflexia autonómica es descrita como una emergencia potencialmente letal, que puede ocurrir a personas con lesión medular, con afección a nivel de T6 o superior, algunos casos se han reportado en individuos con lesión a nivel de T8-T12. Se define como un aumento repentino y significativo de la tensión arterial sistólica y diastólica, aunado a bradicardia o taquicardia. Originada por cualquier estímulo nocivo o no nocivo por debajo del nivel de la lesión. Para identificar una disrreflexia autonómica el hallazgo principal es la elevación de la presión sistólica de al menos 20 milímetros de mercurio sobre la tensión arterial sistólica, acompañados de síntomas como cefalea intensa, diaforesis por arriba del nivel de la lesión, visión borrosa, piloerección y ansiedad. El manejo consiste en retirar el estímulo que originó la crisis, monitoreo estrecho de signos vitales, reposicionamiento y en algunos casos administración de fármacos antihipertensivos (Krassioukov & Al., 2020).

-Respiración y alteraciones cognitivas

También se ha visto que sujetos con lesión medular y saturación de oxígeno menor a 80% durante el sueño fisiológico, o con diagnóstico de apnea obstructiva del sueño severa presentan mayor alteración en la función de atención, procesamiento de la información, concentración y memoria.

En los mamíferos, el bulbo olfatorio lleva a cabo un ritmo respiratorio prominente, que se encuentra asociado al ciclo de olfateo es conducido por un estímulo sensorial de los receptores olfatorios del epitelio nasal. En el caso de algunos roedores -como ratas y ratones- las frecuencias respiratorias ocupan la misma banda que el ritmo *theta* (Θ) del hipocampo, que ha demostrado ser una parte clave en los procesos de memoria. Los ritmos del hipocampo y bulbo olfatorio fueron previamente correlacionados únicamente con circunstancias de aprendizaje de contingencia asociada a un olor específico. Sin embargo, recientemente estudios electrofisiológicos en roedores y humanos revelan una influencia ciclo a ciclo de la respiración nasal en la actividad neuronal en la corteza cerebral, recorriendo el sistema olfatorio -incluyendo la corteza prefrontal, hipocampo y estructuras subcorticales-. Adicionalmente, se ha demostrado que la fase respiratoria influencia las oscilaciones de más alta frecuencia asociadas con funciones cognitivas, incluyendo atención y memoria, así como el poder de los ritmos gamma y el momento de las ondas agudas hipocampales. Estos nuevos hallazgos apoyan el rol de la respiración en la función cognitiva, y en el caso de estudios en humanos, donde la respiración se asocia a procesos de memoria. (Heck, Kozma, & L., 2019).

Incluso, hay artículos evalúan la eficacia de técnicas de respiración para mejorar la función cognitiva. En uno publicado en el *Journal of Applied Cognitive Neuroscience* se realizó una revisión con bases de datos como Medline, Lilacs y Cochrane *library*, donde se encontraron 16 estudios que apuntaron a una mejora respecto a percepción de intensidad del dolor y función cognitiva mediante intervenciones con técnicas de respiración basadas en

meditación. De estos se identificaron tres estudios midiendo la función cognitiva. Uno de ellos, de Ferreira et Al., 2015 encontró diferencias estadísticamente significativas en cuanto a memoria semántica, manipulación mental, abstracción y flexibilidad mental, comparando el entrenamiento de respiración contra interacción social en adultos de entre 60 y 79 años; el tercero de los estudios no encontró diferencias estadísticamente significativas en términos de función cognitiva con la aplicación de la escala FACT-COG PCI, cuando comparó las técnicas respiratorias con *Tai-Chi* y *Qugong* versus control en un grupo de mujeres con diagnóstico de cáncer de mama. (Solarte, Alzate-Granados, PJ, & Barceló, 2020)

Deben mencionarse las limitaciones de dicha revisión. Como que se trató de una muestra pequeña de estudios aleatorizados, con pocos sujetos en sus grupos de estudio, además de que clínica y estadísticamente fueron muy heterogéneos, y no se mencionan las herramientas mediante las cuales se evaluó la función cognitiva y sus dominios, por lo que la interpretación de sus resultados debe tomarse con reservas.

La importancia de la respiración en el modelamiento de la memoria se evidencia en un artículo del *Journal of Neurophysiology*. Se ha estudiado que el bulbo olfatorio juega un papel determinante en el ritmo respiratorio, que a su vez está asociado al ciclo de olfateo y es guiado por un aporte sensitivo de los receptores olfatorios sensitivos en el epitelio nasal. Experimentos con ratas y ratones, reportan que las frecuencias respiratorias ocupan la misma banda que el ritmo *theta* del hipocampo, que se conoce como clave en los procesos de memoria. Previamente, los ritmos del hipocampo y bulbo olfatorios se consideraban como no correlacionados, a excepción del caso de aprendizaje asociado a reconocimiento de aromas. Sin embargo, estudios electrofisiológicos recientes realizados tanto en roedores como en humanos muestran que hay una influencia ciclo a ciclo de la respiración nasal con la actividad neuronal, que transcurre a través de la corteza cerebral hasta más allá del sistema olfatorio, incluyendo elementos de la corteza prefrontal, hipocampo y estructuras de subcorticales. Adicionalmente, la fase respiratoria ha demostrado su influencia en oscilaciones de frecuencias más altas asociadas con funciones cognitivas, incluyendo

atención y memoria, como ejemplo están el poder de los ritmos *gamma* y el momento de las ondas agudas hipocampales. (Heck & Al., 2019)

Un estudio publicado el año 2014 en la Revista Europea de Neurociencia se menciona que la memoria para la información olfatoria podría resultar de un acople temporal entre el sistema olfatorio y el hipocampo. La respiración define la frecuencia de la percepción olfatoria, pero se conoce poco del cómo la frecuencia respiratoria afecta las oscilaciones hipocampales. Las conexiones aferentes del septum medial con la banda diagonal del complejo de Broca hacen pensar que se trata del lugar donde se entrelazan las vías de la función límbica y respiratoria. (Tsanov & Al., 2014)

En el caso de la parte de planeación e inicio del comportamiento se habla de la corteza prefrontal media, quien es la que integra la información de áreas corticales y subcorticales. Un mecanismo potencial para integración de señales en la corteza prefrontal depende de la sincronización de las descargas neuronales en patrones de actividad *theta* (6-12 Hz). Estos patrones de actividad son generados en los giros hipocampales septales y son transmitidos a la corteza prefrontal a través de la porción ventral del hipocampo. En la corteza prefrontal media, estas oscilaciones *theta* han sido ligadas a procesos cognitivos que incluyen la memoria de trabajo y memoria de recolección. Se ha sugerido que estas funciones se realizan por la sincronización transitoria de los principales ensambles celulares mediante ritmos *gamma* modulados por patrones *theta*. Sin embargo, esta teoría contiene aún inconsistencias. El poder de la actividad *theta* del hipocampo, que dirige las oscilaciones *theta* en la corteza prefrontal medial, depende de la locomoción y se ve atenuada en caso de modelos animales si estos se mantienen inmóviles, mientras que las funciones prefrontales permanecen intactas en ausencia de movimiento. Además, la amplitud de las oscilaciones *theta* prefrontales se reportan como pequeñas en comparación con el hipocampo, mostrando de forma transitoria “explosiones” de poder. (Biskamp & Al., 2017)

-Efectos de la lesión medular en la cognición

La realización de estos estudios cobra relevancia, ya que se conocen algunos de los efectos crónicos de la lesión medular como: el déficit sensoriomotor, dolor neuropático, disfunción vesical/intestinal, pérdida de la función sexual, y distrés emocional; y se ha visto -aunque no se apreciado bien clínicamente- que la lesión medular puede ocasionar alteraciones cognitivas que intervienen en el aprendizaje, la memoria, función ejecutiva, atención y velocidad de procesamiento. De 40 a 60% de personas con lesión medular presentaron déficit en el área cognitiva y emocional, según algunos estudios clínicos. Dichas alteraciones comprometen la calidad de vida, así como su proceso de rehabilitación y recuperación (Sachdeva, Gao, & Krassioukov, 2018).

En un estudio realizado por Roth et. Al. Se reporta que tras la lesión medular las personas presentan un decremento en la capacidad de sostener la atención, concentración, memoria y aprendizaje, que puede estar asociado a la disminución en el rango de movilidad que compromete la participación activa social, ocupacional, física y en actividades de esparcimiento (Li & Al., 2020).

El concepto de que la lesión medular ocasiona cambios fisiopatológicos remotos en el cerebro ha estado restringido a regiones cerebrales asociadas con la modulación de vías sensoriomotoras. Estudios de resonancia magnética han mostrado que la lesión medular origina reorganización extensa a largo plazo en la corteza cerebral, y en el caso de pacientes con lesiones completas a nivel torácico se ha encontrado disminución en el volumen de materia gris de la corteza motora primaria, lo que es consistente con la pérdida neuronal y atrofia (Wrigley & Al., 2009).

Se han reportado estudios con resonancia magnética funcional que confirman como hallazgo la degeneración y desmielinización axonal en la corteza cerebral posterior a una lesión medular a nivel cervical; otros estudios prospectivos y longitudinales igualmente con resonancia magnética funcional identificaron la reducción progresiva en el volumen de sustancia gris tanto en corteza sensoriomotora como en regiones que no se encuentran directamente asociadas al sitio de lesión – como corteza cerebelar, corteza prefrontal medial

y cíngulo anterior- que son importantes para el procesamiento de información emocional relevante o modulación del estado de atención. Lo que sugiere que hay una distribución de alteraciones en las redes a nivel cortical y subcortical que compromete las funciones de procesamiento de información. Esto aunado a otros hallazgos como disminución de la cantidad de mielina más allá del área atrófica de lesión, aumento en el tamaño de los ventrículos cerebrales y en el volumen de líquido cefalorraquídeo (Li & Al., 2020).

En la etapa subaguda se dan estos cambios o alteraciones en la cognición. En el caso de individuos mayores de sesenta años en comparación con menores de cuarenta años, se logró apreciar disminución en funciones cognitivas, sobre todo para memoria y funciones ejecutivas (Chiaravalloti & Al., 2020). Aún se desconoce si existe una relación significativa entre el nivel de la lesión y el déficit cognitivo. Pero se ha asociado una elevación en el riesgo para esta población de padecer alteraciones psicológicas, sobre todo ansiedad, depresión, y trastorno de estrés postraumático (Sachdeva, Gao, & Krassioukov, 2018), y hay evidencia de una correlación negativa significativa entre la gravedad de estas entidades y la cognición. Y a la vez esta capacidad cognitiva funge como factor predictor para posteriormente presentar alteraciones psicológicas. Incluso en un estudio se observó que personas con mayor capacidad cognitiva resultaron con posibilidad 6.3 veces menor de padecer un trastorno psicológico seis meses posteriores a su alta hospitalaria; además de esto se ha descrito que existen medicamentos que interfieren, en la cognición como: los analgésicos, los sedantes, relajantes musculares, entre otros; otro hallazgo es la correlación entre sexo, edad y un menor rendimiento cognitivo (Li & Al., 2021).

También en asociación a la función respiratoria, se debe reconocer la importancia del manejo de la lesión medular, por sus implicaciones en la cognición. En el ejemplo de lesiones medulares cervicales, posterior al periodo agudo, la función respiratoria depende de la presión de perfusión de la médula espinal, y como parámetro ideal a mantener para protección se establecieron de 80-90 mmHg, para una función adecuada tanto de

musculatura intercostal, como de diafragma. Esto podría ayudar a disminuir el uso de ventilación mecánica y su tiempo de hospitalización en cuidados intensivos, sobre todo en pacientes con lesión medular a nivel cervical. (Visagan & Al., 2023)

-Herramientas de evaluación de las funciones cognitivas

Para la evaluación del desempeño cognitivo posterior a la lesión se han desarrollado diversas herramientas, durante los últimos cuarenta años. Entre ellas como ejemplo se encuentran los ítems del área cognitiva del *Functional Independence Measure* (FIM), la *Neuropsychiatry Unit Cognitive Assessment Tool* (NUCOG) y la *National Institutes of Health Toolbox* (NIHTB-CB) (Chiaravalloti & Al., 2020).

La *Functional Independence Measure* es una escala que evalúa las áreas de: comunicación - comprensión y expresión- y cognición social -interacción social, memoria, resolución de problemas- (Sachdeva, Gao, & Krassioukov, 2018). Es considerada una herramienta adecuada para la medición de las actividades que la población con lesión medular puede realizar, sin embargo, su desventaja radica en que presenta un efecto de techo, y algunos falsos negativos (Davidoff GN, 1990).

Específicamente para población con lesión medular existe el *Spinal Cord Independence Measure* en su tercera versión. Que consiste en una herramienta clínica enfocada en el cumplimiento de una serie de actividades cotidianas, que hablan de la funcionalidad del paciente con lesión medular, y esto permite ubicarlo en un grupo o *cluster*, que actualmente se ha estudiado posee un valor predictivo de la evolución de la lesión.

La escala contiene diecinueve tareas, organizadas en tres subescalas: Autocuidado (20 puntos); Manejo de respiración y esfínteres (40 puntos); y Movilidad (40 puntos). Lo que otorga un total de 100 puntos. Estos elementos se clasifican por nivel de dificultad (Bluvshstein & Al., 2012).

En el caso de la NIHTB-CB, el diseño de la herramienta se llevó a cabo para evaluar las esferas de: lenguaje, velocidad de procesamiento, funcionamiento ejecutivo, memoria de trabajo y episódica (Carlozzi NE, 2017). Está integrada por siete subgrupos donde se realizan: la comparación de patrones, un vocabulario de imágenes, la memoria de secuencia de imágenes, la clasificación de listas de memoria de trabajo, la clasificación de tarjetas de cambio dimensional, el reconocimiento de lectura oral, control y atención inhibitorios de flancos (Cohen et al., 2017; Dudley-Javoroski, 2020). Puede evaluar reconocimiento de lectura oral y vocabulario de imágenes, que son reflejo de experiencia y aprendizaje previos. La cognición fluida forma parte de la evaluación del resto de los subgrupos, donde se evidencia la capacidad del individuo para adquirir aprendizaje nuevo. Esta herramienta tiene como limitante su aplicación en población con limitantes en extremidades superiores, por lo que no es considerada un instrumento ideal para pacientes con estas características. (Cohen et al., 2017; Carlozzi et al., 2017).

Existe también la evaluación NUCOG, que consiste en veintiún ítems donde se evalúan cinco dominios de la cognición: la atención, el área visuoespacial, la memoria, la ejecución, y el lenguaje (Craig et al., 2017; Craig et al., 2015). Se considera una herramienta para detección, cuyos resultados requieren replicarse mediante otras baterías especializadas neuropsicológicas, para la evaluación integral del resto de dominios cognitivos (Craig et al., 2017).

Entre otras herramientas útiles se encuentran: la prueba de retención de dígitos es una subprueba de la escala de inteligencia de Wechsler (WAIS) que evalúa el sostenimiento atencional y la memoria de trabajo, con una alta fiabilidad de consistencia interna y una alta validez de constructo (Chiaravalloti et al., 2020); El Stroop Test es una prueba neuropsicológica de control inhibitorio y velocidad de procesamiento, con moderada a buena confiabilidad (Nightingale et al., 2019); El *Trail Making Test*, que se compone de dos partes (A y B), para evaluar la atención sostenida, dividida y alterna, así como la flexibilidad cognitiva y capacidad de cambio (Nightingale et al., 2019); El Test de Dígito Símbolo oral,

que permite evaluar la velocidad de procesamiento y atención sostenida (Nightingale et al., 2019); El Test de Asociación Controlada de Palabras permite explorar la fluidez verbal y se ha demostrado que es fiable en personas con LM (Nightingale et al., 2019); El Test de Aprendizaje Verbal España-Complutense es una evaluación de la memoria episódica verbal y de la capacidad de aprendizaje y se puede utilizar en todos aquellos casos en los que se sospeche de una posible alteración de la memoria (Benedet et. al., 2014); La Batería Neuropsicológica de Funciones Ejecutivas (BANFE) que agrupa pruebas neuropsicológicas de alta confiabilidad y validez para la evaluación de procesos cognitivos (como las funciones ejecutivas) que dependen principalmente de la corteza prefrontal (Flores et al., 2014); La batería “Neuropsi breve” fue desarrollada para evaluar un amplio espectro de funciones cognitivas, que incluyen la orientación, atención, memoria, lenguaje, habilidades visuoperceptuales y funciones ejecutivas. Se puede aplicar en individuos analfabetas y de bajo nivel educativo, con un tiempo de aplicación de 25 a 30 minutos (Ostrosky-Solís F et al., 1999). La calificación se puede realizar en un periodo breve, aproximadamente 10 minutos; aporta datos cualitativos y cuantitativos. Donde los datos crudos se cuantifican y se convierten en puntajes normalizados. Y según la escolaridad y edad del paciente se pueden clasificar en alteraciones moderadas y severas. El Neuropsi breve es considerado como un instrumento de evaluación neuropsicológica objetivo, y confiable que permite la valoración en pacientes con patologías psiquiátricas, y neurológicas. Con altos índices de confiabilidad test-retest que indican que las respuestas y errores son estables y que no existen efectos de práctica o de deterioro en una población normal (Ostrosky-Solís F et al., 1999). Actualmente existe una batería limitada de pruebas neuropsicológicas para la evaluación integral en coexistencia con una deficiencia motora. Esto condiciona la capacidad de los hallazgos de la investigación actual para la práctica clínica.

Justificación

El deterioro cognitivo representa una de las complicaciones frecuentes y poco estudiadas en población mexicana con diagnóstico de lesión medular. Además, en la literatura existente

se reporta que es trece veces mayor en estos pacientes que en individuos sanos, asociado a diversos factores comunes (Nightingale et al., 2019; Alcántar-Garibay et al., 2022).

La presentación de las alteraciones cognitivas en personas con lesión medular se da en el periodo subagudo del padecimiento y tiende a evolucionar de forma adversa al transcurrir el tiempo. (Molina et al., 2018; Chiaravalloti et al., 2020).

Se reportan en dominios cognitivos como la concentración, la memoria, la función ejecutiva, la flexibilidad cognitiva y la velocidad de procesamiento. (Chiaravalloti et al., 2020; Wecht 2013).

El presente estudio tiene relevancia debido a que permitirá la identificación temprana de alteraciones cognitivas, y aplicación de estrategias de forma oportuna que lleven a disminuir su incidencia. Entre ellas intervenciones en el área respiratoria que pueden ser simples y poco costosas, como ejemplo: el entrenamiento para un adecuado patrón respiratorio; y medidas en el manejo de la etapa aguda y subaguda como mantenimiento de la perfusión sanguínea entre 80-90 mmHg, para el adecuado funcionamiento de la musculatura respiratoria.

Todo debido a que se conoce la correlación entre la función respiratoria y la atención, función ejecutiva, memoria de trabajo y de recolección. Donde se ven involucradas estructuras como el bulbo olfatorio, la corteza prefrontal, el hipocampo y estructuras subcorticales del sistema límbico.

Se considera factible la realización del estudio, por ser de tipo observacional, transversal y analítico. Al ser información recopilada del expediente electrónico y de las evaluaciones aplicadas por personal experto del área de neuropsicología no se generan costos para el paciente, ni el Instituto Nacional de Rehabilitación. Únicamente se solicitó su cooperación e inversión de tiempo para la aplicación de las baterías de evaluación a cada paciente, y para revisión del historial clínico. Todo con autorización previa de pacientes y familiares, expresada mediante la firma de un consentimiento informado.

Planteamiento del problema

En las investigaciones previamente realizadas en población de pacientes con lesión medular, el enfoque principal se ha dado a la mejora de la función motora, sin embargo, estudios recientes resaltan la presencia de alteraciones cognitivas en áreas como: la función ejecutiva, la velocidad de procesamiento, la concentración, la flexibilidad cognitiva y la memoria.

Aún se considera que esta afectación cognitiva es de causa indeterminada o multifactorial. Por lo cual es relevante identificar las variables clínicas y sociodemográficas que puedan estar asociadas a este déficit, para así trabajar en intervenciones eficaces como parte del tratamiento integral, y disminuir la incidencia de estas alteraciones cognitivas.

Debido a esto, surgen las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Con qué frecuencia se presentan alteraciones cognitivas en los pacientes con lesión medular del INRLGII?
2. ¿Cuáles son estas alteraciones y qué asociación tienen con diferentes variables clínicas, principalmente relacionadas con la función respiratoria, y sociodemográficas?

Material y métodos

El estudio clínico realizado fue de tipo observacional, transversal, analítico. Bajo aceptación del consentimiento informado de todos los participantes. Fue un protocolo realizado dentro del marco de la declaración de Helsinki (1969) y con aprobación del comité de investigación del Instituto Nacional de Rehabilitación.

Metodología

1. Tipo de estudio.

Se realizó un estudio clínico observacional, transversal, y analítico.

2. Descripción del universo de trabajo.

Todos los pacientes que acudieran al área de consulta externa y hospitalización del servicio de Lesión Medular, ya sean pacientes de primera vez o subsecuentes del Instituto Nacional de Rehabilitación LGII, y que reunieran los criterios de inclusión/exclusión señalados más adelante.

3. Definición del grupo control.

No aplica.

4. Criterios de inclusión.

- a. Pacientes de cualquier sexo mayores de 18 años de edad y menores de 65 años.
- b. Pacientes del INR-LGII con diagnóstico de lesión medular.
- c. Tiempo de evolución desde la lesión medular mayor de 14 días.
- d. Que aceptaran su inclusión al proyecto mediante firma del consentimiento informado.
- e. Que presentaran las condiciones sensoriales (visuales y auditivas) y nivel de conciencia que permitan la aplicación de los instrumentos de evaluación.

5. Criterios de eliminación.

- a. Pacientes que una vez ingresados a la investigación no completaran alguna de sus evaluaciones clínicas.
- b. Retiraran su consentimiento informado.

6. Criterios de exclusión.

- a. Tratamiento actual con fármacos antidepresivos o con fármacos que pudieran afectar su estado de ánimo o su rendimiento cognitivo (benzodiacepinas, neurolépticos, anticolinérgicos, entre otros).
- b. Alguna condición médica aguda que afectara su estado de ánimo o rendimiento cognitivo (desequilibrio hidroelectrolítico, hipotiroidismo, sepsis, delirium, entre otros).

7. Descripción de las variables de estudio, unidades de medida y escalas de medición.

Variable	Definición operacional	Unidad de medida	Tipo de variable
Sexo	Género del paciente	Masculino Femenino	Cualitativa nominal dicotómica
Estado civil	Estado civil actual del paciente	Soltero/casado/unión libre/viudo/divorciado	Cualitativa nominal
Escolaridad	Cantidad de años de estudio a partir de primaria	Número de años de escolaridad formal completada	Cuantitativa discreta
Nivel socioeconómico	Nivel socioeconómico asignado por Trabajo Social del INR	0,1,2,3,4,5,6,7	Cuantitativa discreta
Variables clínicas y relacionadas con lesión medular			
Tipo de LM	Mecanismo fisiopatológico predominante de la lesión medular	Traumático No traumático	Cualitativa nominal
AIS (ASIA Impairment Scale)	Sistema de clasificación para la lesión medular	A, B, C, D, E	Cualitativa ordinal
Nivel neurológico de lesión medular	Cervical alta de C1 a C3 Cervical baja de C4 a C8 Torácica alta de T1 a T6 Torácica baja de T6 a T12 Lumbar Sacra (4)	Cervical alta Cervical baja Torácica alta Torácica baja Lumbar Sacra	Cualitativa ordinal
Tiempo de evolución	Tiempo transcurrido desde la lesión medular	Meses	Cuantitativa discreta
Dolor	Percepción sensorial localizada y subjetiva que puede ser más o menos intensa, molesta o desagradable	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Cuantitativa discreta
Alteraciones cardiovasculares o comorbilidades	Alteraciones cardiovasculares o comorbilidades que presenta el paciente al momento del estudio	Traumatismo craneoencefálico Hipotensión arterial Hipotensión ortostática Disreflexia autonómica Hipertensión arterial sistémica Desaturación de oxígeno (<80%)	Cualitativa dicotómica

Variable	Definición operacional	Unidad de medida	Tipo de variable
		Apnea obstructiva del sueño	
Funciones cognitivas			
Funciones cognitivas	Procesos mentales que nos permiten llevar a cabo cualquier tarea	Atención Memoria Velocidad de procesamiento Flexibilidad cognitiva	Cualitativa nominal
Evaluaciones de funciones cognitivas			
Test de aprendizaje verbal España-Complutense (TAVEC)	Evalúa memoria	Puntajes t	Cuantitativa discreta
Dígitos en orden inverso directo e inverso (WAIS-IV)	Evalúa memoria de trabajo y atención	Medias y desviaciones estándar específicos para los grupos de edad	Cuantitativa discreta
Test de dígito-símbolo versión oral	Evalúa velocidad de procesamiento y atención sostenida	Medias y desviaciones estándar específicos para los grupos de edad	Cuantitativa discreta
Trail Making Test	Evalúa atención, velocidad de procesamiento y funciones ejecutivas	Medias y desviaciones estándar específicos para los grupos de edad	Cuantitativa discreta
Test de fluidez verbal	Evalúa habilidades verbales, velocidad de procesamiento y funciones ejecutivas	Medias y desviaciones estándar específicos para los grupos de edad	Cuantitativa discreta
Prueba de clasificación de cartas (BANFE)	Evalúa flexibilidad mental	Medias y desviaciones estándar específicos para los grupos de edad	Cuantitativa discreta
Evaluaciones funcionales y de satisfacción con la vida			
SCIM-III (Spinal Cord Independence Measure III)	Medida de independencia funcional para actividades de autocuidado, control de	Puntuación de 0-100	Cuantitativa discreta

Variable	Definición operacional	Unidad de medida	Tipo de variable
	esfínteres, transferencias y locomoción (11)		
Disfunción autonómica	Estándares internacionales sobre documentación de la función autónoma restante después de una lesión medular (ISAFSCI)	Ítems: -Control autonómico del corazón -Control autonómico de la presión arterial 2 = Función normal 1 = Función alterada o reducida 0 = Pérdida completa del control	Cuantitativa nominal
LISAT-9 (Life satisfaction questionnaire)	Medida de satisfacción de vida en general	Puntuación de nivel de satisfacción (1-6) Puntuación total mínima y máxima 9/54	Cuantitativa nominal
Evaluaciones del estado de ánimo			
Beck Depression Inventory (BDI-II)	Identifica y mide la gravedad de síntomas típicos de la depresión	0-13: depresión mínima 14-19: depresión leve 20-28: depresión moderada 29-63: depresión grave	Cuantitativa discreta
Beck Anxiety Inventory (BAI)	Identifica y mide la gravedad de los síntomas de la ansiedad	0-5: normal 6-15: ansiedad leve 16-30: ansiedad moderada 31-63: ansiedad grave	Cuantitativa discreta
ADL BAYER	Evalúa el desempeño en actividades de la vida diaria (AVD)	Ítems 1-2: Evalúan la habilidad para realizar las AVD de forma independiente Ítems 3-20: Evalúan la dificultad para realizar AVD con énfasis en la memoria de corto y largo plazo, así como funcionamiento en un entorno familiar o ajeno. Ítems 21-25 Evalúa las funciones cognitivas requeridas para realizar las	Cuantitativa discreta

Variable	Definición operacional	Unidad de medida	Tipo de variable
		actividades de la vida diaria. Total puntos entre 1 y 10, un mayor puntaje refleja mayor severidad de demencia.	

Claves de las pruebas aplicadas:

PRUEBA TAVEC	
MEMORIA	
MEMORIA A CORTO PLAZO Y REGISTRO DE NUEVA INFORMACIÓN	
TAVECRIA1	Total de palabras en el primer ensayo
TAVECRIA5	Total de palabras en el último ensayo
TAVECTTOAL	Total de palabras en todos los ensayos
TAVECRIB	Total de palabras de la lista b (lista de interferencia)
MEMORIA A LARGO PLAZO: ALMACENAMIENTO Y EVOCACIÓN	
TAVECPRIMACIA	Porcentaje de las primeras palabras de la lista que recordó
TAVECMEDIA	Porcentaje de las palabras del medio de la lista que recordó
TAVECRECENCIA	Porcentaje de las últimas palabras de la lista que recordó
TAVECRLCP	Recuerdo libre corto plazo (las palabras que recordó inmediatamente después de la lista de interferencia)
TAVECRCLCP	Recuerdo con claves corto plazo (palabras que recordó a corto plazo con ayuda de las claves)
TAVECRLLP	Recuerdo libre largo plazo (palabras que recordó a largo plazo)
TAVECRCLLP	Recuerdo con claves largo plazo (palabras que recordó con ayuda de las claves a largo plazo)
TAVECSEMANTICAS	Número de estrategias semánticas utilizadas durante el registro de la lista de palabras
TAVECSERIALES	Número de estrategias seriales utilizadas durante el registro de la lista de palabras
TAVECPERSEVERACIONES	Número de perseveraciones en la prueba
TAVECINTRUSIONESRL	Número de intrusiones en la prueba
MEMORIA DE RECONOCIMIENTO	
TAVECRECONOCIMIENTO	Número de palabras que reconoció a largo plazo
TAVECFALSOSPOSITIVOS	Número de falsos positivos en ese reconocimiento

TAVECDISCRIMINACION	Número que al encontrarse más cercano al 100 se traduce en menos falsos positivos en el reconocimiento
----------------------------	--

ATENCIÓN	
DOD	Dígitos orden directo
DODPE	Puntuación escalar de dígitos orden directo
RANGODOD	Rango de la puntuación escalar
FUNCIONES EJECUTIVAS	
DOI	Dígitos orden inverso
DOPE	Puntuación escalar de dígitos orden inverso
RANGODOI	Rango de la puntuación escalar de dígitos orden inverso
VELOCIDAD DE PROCESAMIENTO	
CLAVESACIERTOS	Total de aciertos en la prueba de claves WAIS
CLAVESMEDIA	Total de aciertos en la prueba de claves WAIS
CLAVESPEWAIS	Puntuación escalar de la prueba de claves WAIS
ATENCIÓN	
TMTATIEMPO	Tiempo de la prueba TMT A
TMTAPERCENTIL	Percentil de la prueba TMT A
TMTAACIERTOS	Aciertos de la prueba TMT A
TMTBTIEMPO	Tiempo de prueba TMT B
TMTBPERCENTIL	Percentil de la prueba TMT B
TMTBACIERTOS	Aciertos de la prueba TMT B
TMTBERRORES	Errores de la prueba TMT B
FLUIDEZ VERBAL	
FLUIDEZSEMANTICA	Total de palabras de la parte semántica
FLUIDEZSEMANTICAPE	Puntuación escalar de la parte semántica
RANGOFUIDEZSEMANTICA	Rango de la parte semántica
FLUIDEZFONOLOGICA	Total de palabras de la parte fonológica
FLUIDEZFONOLOGICAPE	Puntuación escalar de la parte fonológica
RANGOFUIDEZFONOLOGICA	Rango de la parte fonológica
CLASIFICACIÓNACIERTOS	Aciertos de la prueba de cartas
BDI	Total de puntaje del Inventario de Depresión de Beck

8. Análisis estadístico propuesto.

Se realizó estadística descriptiva con frecuencias para las variables cualitativas y con media y desviación estándar para las variables cuantitativas. Se determinaron medidas de

tendencia central, dispersión y distribución (prueba de Smirnov-Kolmogorov). Para evaluar la asociación entre variables cuantitativas, se utilizaron correlaciones de Spearman o Pearson dependiendo de la distribución de los datos. Para determinar la asociación entre variables cuantitativas se calculó la correlación de Pearson o Spearman, según la distribución de datos. Se analizó la diferencia entre subgrupos de acuerdo variables cualitativas para la puntuación obtenida en las pruebas cognitivas mediante T de Student o ANOVA (o sus equivalentes no paramétricos). El análisis estadístico se realizó mediante el empleo del programa SPSS/PC v20. Los resultados se consideraron estadísticamente significativos con una $p < 0.05$.

Resultados

Se incluyeron 62 individuos con lesión medular (LM) del Instituto Nacional de Rehabilitación (INR) de junio de 2021 a diciembre de 2023. La mayoría hombres (72.6%) con media de edad de 36.7 años ($DE=14.25$). Con relación a las características de la lesión medular, predominaron lesiones medulares traumáticas (88.7%), 7 individuos presentaron una lesión medular cervical alta (11.3%), 10 una LM cervical baja (16.1%), 24 torácica alta (38.7%), 16 torácica baja (25.8%) y 5 lumbar (8.1%). En relación con la severidad de la lesión mediante la AIS, 38 individuos presentaron una lesión completa (A) (61.3 %), 6 sujetos una lesión B (6.3%), 11 una lesión C (15.6 %) y 7 una lesión D (31.3%).

En la siguiente tabla se muestran los resultados en las pruebas cognitivas:

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
TAVECRIA1	59	2	11	5.78	2.229
TAVECRIA5	59	2	15	10.92	2.800
TAVECTOTAL	59	15	70	45.22	11.519
TAVECRIB	59	2	9	4.53	1.558
TAVECPRIMACIA	59	13	52	31.88	7.240
TAVECMEDIA	59	18	68	43.17	8.822
TAVECRECENCIA	59	5	42	24.15	6.470

TAVECRLCP	59	4	16	9.73	2.760
TAVECRCLCP	59	3	15	10.27	2.625
TAVECRLLP	59	4	50	10.34	5.927
TAVECRCLLP	59	4	16	10.47	2.738
TAVECSEMANTICAS	59	1	47	10.25	7.904
TAVECSERIALES	59	0	21	5.68	4.988
TAVECPERSEVERACIONES	59	0	27	7.88	6.201
TAVECINTRUSIONESRL	59	0	13	2.39	2.994
TAVECRECONOCIMIENTO	59	0	16	14.10	2.510
TAVECFALSOSPOSITIVOS	59	0	96	3.29	12.616
TAVECDICSRIMINACION	59	57	100	92.20	8.544
DOD	58	4	12	6.78	1.655
DODPE	58	3	12	7.03	2.317
RANGODOD	58	0	1	.45	.502
DOI	58	3	11	6.21	1.814
DOIE	58	3	14	7.71	2.642
RANGODOI	58	0	2	.50	.600
CLAVESACIERTOS	59	11	60	36.69	11.662
CLAVESMEDIA	59	0	2	.53	.537
CLAVESPEWAIS	57	4	50	8.65	6.712
TMTATIEMPO	59	19.22	101.00	46.272 4	18.77125
TMTAPERCENTIL	59	-5	90	50.85	25.867
TMTAACIERTOS	59	21	24	23.95	.391
TMTBTIEMPO	59	47.00	300.00	136.75 71	75.50301
TMTBPERCENTIL	59	-5	80	32.12	22.171
TMTBACIERTOS	59	6	24	22.71	4.111
TMTBERRORES	59	0	4	1.05	1.224
FLUIDEZSEMANTICA	58	5	29	19.29	5.348
FLUIDEZSEMANTICAPE	58	3	16	9.50	3.051
RANGOFUIDEZSEMANTICA	58	0	3	1.98	.577
FLUIDEZFONOLOGICA	58	0	19	8.66	4.423
FLUIDEZFONOLOGICAPE	58	1	14	6.59	3.174
RANGOFUIDEZFONOLOGICA	58	0	3	1.38	.834
CLASIFICACIÓNACIERTOS	59	7	55	35.22	9.964
BDI	58	0	38	14.41	10.59
N válido (por lista)	55				

Tabla 1. Resultados de las pruebas cognitivas

Con relación a la función pulmonar, la mayoría de los pacientes recibieron terapia respiratoria (61.3%), la mayoría tenían el antecedente de exposición al humo (tabaquismo,

	Clasificación AIS	N	Media	Desviación estándar	p
TMTAACIERTOS	A	36	24.00	.000	0.027
	B	6	23.50	1.225	
	C	10	24.00	.000	
	D	7	24.00	.000	
	Total	59	23.95	.391	

biomasa, otras sustancias) (51.6%).

Buscamos asociación con diferentes variables clínicas y sociodemográficas y el rendimiento en las pruebas cognitivas.

Con relación a la gravedad de la lesión, se evaluaron todas las pruebas, sin embargo, se muestran únicamente los resultados con significancia estadística en la siguiente tabla:

Tabla 2. Clasificación AIS y aciertos de la prueba TMT A

En estas pruebas únicamente se encontró asociación estadísticamente significativa entre la prueba TMT y la clasificación de AIS con una $p < 0.001$.

Con relación al nivel neurológico de la lesión, se evaluaron todas las pruebas, sin embargo, se muestran únicamente los resultados con significancia estadística en la siguiente tabla:

	Nivel neurológico	N	Media	Desviación estándar	p
TAVECSEMANTICAS	Cervical alto	7	17.00	14.259	.014
	Cervical bajo	9	10.22	5.357	
	Torácico alto	22	8.09	4.669	
	Torácico bajo	16	8.13	5.315	
	Lumbar	5	17.20	11.798	
	Total	59	10.25	7.904	
TAVECINTRUSIONESRL	Cervical alto	7	1.43	2.149	.045
	Cervical bajo	9	5.00	4.924	
	Torácico alto	22	2.36	2.574	
	Torácico bajo	16	1.38	1.746	
	Lumbar	5	2.40	2.702	
	Total	59	2.39	2.994	
DOD	Cervical alto	7	7.29	1.380	.014
	Cervical bajo	9	6.44	1.509	
	Torácico alto	21	7.57	1.989	
	Torácico bajo	16	6.13	.885	
	Lumbar	5	5.40	.894	
	Total	58	6.78	1.655	
DOIFE	Cervical alto	7	9.29	2.430	.049
	Cervical bajo	9	9.33	3.000	
	Torácico alto	21	7.05	2.559	
	Torácico bajo	16	6.81	2.257	
	Lumbar	5	8.20	2.168	
	Total	58	7.71	2.642	
TMTBTIEMPO	Cervical alto	7	108.3643	52.73214	.015
	Cervical bajo	9	125.2222	44.63681	
	Torácico alto	22	127.1773	72.28619	
	Torácico bajo	16	135.2013	76.67490	
	Lumbar	5	244.4000	91.19649	
	Total	59	136.7571	75.50301	

FLUIDEZFONOLOGICA	Cervical alto	7	12.14	3.934	.028
	Cervical bajo	9	8.67	3.500	
	Torácico alto	21	9.29	4.573	
	Torácico bajo	16	6.06	3.768	
	Lumbar	5	9.40	4.722	
	Total	58	8.66	4.423	

Tabla 3. Nivel neurológico y pruebas aplicadas

Como se observa, existen diferentes pruebas cuyo rendimiento es diferente con relación al nivel neurológico, de forma estadísticamente significativa.

Catorce sujetos tuvieron antecedente de traumatismo craneoencefálico (TCE), en la siguiente tabla se muestran las puntuaciones en las pruebas cognitivas y su comparación entre las personas que sufrieron TCE y las que no. Como se observa, sólo se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la prueba TAVEC falsos positivos.

	TCE	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	p
TAVECFALSOS POSITIVOS	NO	32	1.44	1.645	.291	.006
	SI	14	2.71	5.283	1.412	

a. t no se puede calcular porque las desviaciones estándar de ambos grupos son 0.

Tabla 4. TCE y falsos positivos en apartado de memoria de reconocimiento en prueba TAVEC

Ocho sujetos presentaron hipotensión arterial y la comparación entre estos sujetos y aquellos que no presentaron hipotensión arterial, se evaluaron todas las pruebas, sin embargo, se muestran únicamente los resultados con significancia estadística en la siguiente tabla:

Estadísticas de grupo

	Hipotensión arterial	N	Media	Desviación estándar	p
TAVECRCLLP	NO	37	10.19	3.099	.035
	SI	8	10.50	2.070	
TAVECRECONOCIMIENTO	NO	37	14.30	1.824	.005
	SI	8	12.50	5.318	
TAVECFALSOSPOSITIVOS	NO	37	1.57	1.994	.003
	SI	8	3.00	6.612	
CLAVESACIERTOS	NO	37	36.97	10.597	.022

	SI	8	33.63	17.012	
TMTATIEMPO	NO	37	44.3357	17.70703	.027
	SI	8	53.1300	28.84320	

a. t no se puede calcular porque las desviaciones estándar de ambos grupos son 0.

Tabla 5. Hipotensión arterial y pruebas cognitivas

Como se observa, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en algunas de las pruebas entre los sujetos que presentaron hipotensión y aquellos que no.

Se comparó el rendimiento cognitivo en aquellos que cuentan con el antecedente de consumo de sustancias y aquellos que no tienen dicho antecedente, se evaluaron todas las pruebas, sin embargo, se muestran únicamente los resultados con significancia estadística en la siguiente tabla:

Estadísticas de grupo

	Consumo sustancias	N	Media	Desviación estándar	p	n
DODPE	NO	15	6.47	2.722	.036	15
	SI	7	7.43	1.134		7
BDI	NO	15	9.47	7.511	<.001	15
	SI	7	18.71	12.829		7

a. t no se puede calcular porque las desviaciones estándar de ambos grupos son 0.

Tabla 6. Consumo de sustancias y pruebas cognitivas

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento de aquellos con antecedentes de consumo de sustancias en comparación con quienes no tienen dicho antecedente para la puntuación escalar de dígitos de orden directo (DODPE) y un mayor puntaje total del Inventario de Depresión de Beck (BDI).

Con relación a: la hipotensión ortostática, la disreflexia autonómica, la hipertensión arterial sistémica, la apnea y las complicaciones metabólicas, neurológicas y psiquiátricas; sólo un sujeto las presentó, por lo que no se realizó el análisis en dichas variables.

Con relación a la función pulmonar, se muestran las calificaciones con base en el uso de oxígeno suplementario, se evaluaron todas las pruebas, sin embargo, se muestran únicamente los resultados con significancia estadística en la siguiente tabla:

	Uso de oxígeno suplementario	N	Media	Desviación estándar	p
TAVECSERIALES	NO	26	4.35	3.698	.021
	SI	33	6.73	5.642	
TAVECINTRUSIONESRL	NO	26	1.77	1.728	.001
	SI	33	2.88	3.655	
TAVECFALSOSPOSITIVOS	NO	26	5.77	18.816	.023
	SI	33	1.33	1.726	
DOD	NO	25	6.64	1.350	.032
	SI	33	6.88	1.867	
DOI	NO	25	5.76	1.480	.035
	SI	33	6.55	1.986	
CLAVESPEWAIS	NO	25	7.40	1.607	.044
	SI	32	9.63	8.783	
BAI	NO	25	10.88	11.129	.038
	SI	33	8.67	6.799	
ADLPT	NO	25	62.04	46.554	.017
	SI	33	51.03	28.733	
ADLINDICE	NO	25	2.4912	1.86200	.019
	SI	33	2.0436	1.14958	

Tabla 7. Uso de oxígeno suplementario y pruebas cognitivas

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento de aquellos con antecedentes de uso de oxígeno suplementario en comparación con quienes no tienen dicho antecedente, para: el número de estrategias seriales utilizadas durante el registro de lista de palabras (TAVECSERIALES), número de intrusiones en la prueba (TAVECINTRUSIONESRL), número de falsos positivos (TAVECFALSOSPOSITIVOS), dígitos orden directo (DOD), dígitos orden inverso (DOI), puntuación escalar de la prueba de claves WAIS (CLAVESPEWAIS), el puntaje total del Inventario de Ansiedad de Beck (BAI), el puntaje total del cuestionario de funcionalidad ADL (ADLPT) e índice de ADL (ADLINDICE).

Con relación a la terapia respiratoria, se evaluaron todas las pruebas, sin embargo, se muestran únicamente los resultados con significancia estadística en la siguiente tabla:

	Terapia respiratoria	N	Media	Desviación estándar	p
TAVECSERIALES	NO	24	4.33	3.485	.010
	SI	35	6.60	5.663	
DOD	NO	24	6.38	1.096	.006
	SI	34	7.06	1.922	

Tabla 8. Terapia respiratoria y pruebas cognitivas

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento de aquellos con antecedente de terapia respiratoria en comparación con quienes no tienen dicho antecedente, para: el número de estrategias seriales utilizadas durante el registro de lista de palabras (TAVECSERIALES), dígitos orden directo (DOD).

Con relación al antecedente de uso de ventilación mecánica, se evaluaron todas las pruebas, sin embargo, se muestran únicamente los resultados con significancia estadística en la siguiente tabla:

	Antecedente Uso de Ventilación Mecánica	N	Media	Desviación estándar	p
TAVECPERSEVERACIONES	NO	51	8.29	6.555	.008
	SI	8	5.25	1.581	
TAVECINTRUSIONESRL	NO	51	2.69	3.108	.007
	SI	8	.50	.756	
CLAVESMEDIA	NO	51	.51	.505	.006
	SI	8	.63	.744	
CLAVESPEWAIS	NO	50	7.86	3.923	.000
	SI	7	14.29	15.892	

Tabla 9. Antecedente de uso de ventilación mecánica y pruebas cognitivas

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento de aquellos con antecedente de uso de ventilación mecánica en comparación con quienes no tienen dicho antecedente, para: el número de perseveraciones en la prueba (TAVECPERSEVERACIONES), número de intrusiones en la prueba (TAVECINTRUSIONESRL), total de aciertos en la prueba de claves WAIS (CLAVESMEDIA), la puntuación escalar de la prueba de claves WAIS (CLAVESPEWAIS).

CORRELACIONES

Para la edad, se encontró una correlación negativa y moderada con el número de palabras que se reconocieron a largo plazo (TAVECRECONOCIMIENTO) ($r=-0.414$, $p=0.001$), con el total de aciertos en la prueba de claves WAIS (CLAVESACIERTOS) ($r=-0.474$, $p<0.001$), con los aciertos de la prueba TMT B (TMBTACIERTOS) ($r=-0.483$, $p<0.001$) y con la escala de extravío en lugar desconocido (Escalaexporextraviolugardesconocido) ($r=-0.488$, $p=0.002$); una correlación positiva y moderada con el rango de la puntuación escalar de dígitos orden directo (RANGODOD) ($r=0.330$, $p=0.011$), con el tiempo de la prueba TMT A (TMTATIEMPO) ($r=0.451$, $p<0.001$), con el total de palabras de la parte fonológica (FLUIDEZFONOLOGICA) ($r=0.384$, $p=0.007$) y con el rango de la parte fonológica (RANGOFLUIDEZFONOLOGICA) ($r=0.331$, $p=0.011$).

Para los meses con lesión medular, se encontró una correlación positiva y moderada con el recuerdo con claves a corto plazo de la prueba TAVEC (TAVECRCLCP) ($r=.367$ y $p=0.004$), con el recuerdo con claves a largo plazo de la prueba TAVEC (TAVECRCLLP) ($r=.311$ y $p=0.16$), con dígitos de orden inverso (DOI) ($r=.367$, $p=0.005$), con la puntuación escalar de dígitos de orden inverso (DOIPE) ($r=.382$, $p=0.003$), con el rango de la puntuación escalar de dígitos de orden inverso (RANGODOI) ($r=.372$ y $p=0.004$), con la puntuación escalar de la prueba de claves WAIS (CLAVESPEWAIS) ($r=.401$, $p=0.002$).

Para el FIO2% máximo (FIO2%MAX), se encontró una correlación positiva y leve con el total de la prueba de dígitos de orden directo (DOD) ($r=.271$, $p=0.040$); positiva y moderada con el total de la prueba de dígitos de orden inverso (DOI) ($r=.390$, $p=0.002$), con la puntuación escalar de la prueba de claves WAIS (CLAVESPEWAIS), con hemoglobina promedio ($r=.332$, $p=0.010$); una correlación negativa y leve con el tiempo de la prueba TMT B (TMTBTIEMPO) ($r=-.264$, $p=0.043$) y hemoglobina al ingreso ($r=-.259$, $p=0.047$); una correlación negativa y moderada con el puntaje total reportado de SCIM III (SCIMIIIULTIMOTOTAL).

Para la hemoglobina reportada al ingreso, se encontró una correlación positiva y moderada con hemoglobina promedio ($r=.345$, $p=0.007$); una correlación negativa y leve con el porcentaje de FIO2 máximo reportado (FIO2%MAX) ($r=-.259$, $p=0.047$); una correlación negativa y moderada con el total de palabras en el primer ensayo de la prueba TAVEC (TAVECRIA1).

Para la hemoglobina promedio, se encontró una correlación positiva y leve con RANGODOI ($r=.291$, $p=0.031$); una correlación positiva y moderada con DOI ($r=.353$, $p=0.008$), con DOIPE ($r=.332$, $p=0.013$), con FIO2%MAX ($r=.332$, $p=0.010$), y con hemoglobina al ingreso ($r=.345$, $p=0.007$); una correlación negativa y leve con el total de aciertos de la prueba de

claves WAIS (CLAVESMEDIA) ($r=-.275$, $p=0.040$); y una correlación negativa y moderada con los errores de la prueba TMT B (TMTBERRORES) ($r=-.325$, $p=0.015$).

Valor r	Fuerza de correlación
$0.0 < 0.1$	Sin correlación
$0.1 < 0.3$	Correlación leve
$0.3 < 0.5$	Correlación moderada
$0.5 < 0.7$	Correlación alta
$0.7 < 1$	Correlación muy alta

Fuente: Centro de Ciencias Genómicas UNAM. Correlación: teoría y práctica. Consultado en: https://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/R4biosciences/docs/Tema8_correlacion.html

Tabla 10. Fuerza de correlación

Discusión

Los datos arrojados demuestran que la función cognitiva se ve afectada posterior a una lesión medular, esto asociado a diversas variables, entre ellas las de origen respiratorio que son el principal objeto de estudio.

Respecto a la clasificación AIS, se observó que existe significancia estadística ($p=0.027$) con la *Trail Making Test* (TMT), que evalúa las áreas de atención, velocidad de procesamiento y funciones ejecutivas. Sin embargo, se observa mayor implicación del nivel neurológico en el desempeño de las secciones mostradas previamente de las evaluaciones aplicadas en el estudio. Una publicación de 2020 realizada por Chiaravalloti y colaboradores, menciona que debido a las diferencias en el nivel anatómico de la lesión y por lo tanto la afección a nivel de sistema nervioso (incluida la parte autonómica), la respuesta hemodinámica puede impactar la respuesta y por lo tanto el desempeño cognitivo, con afectaciones mas importantes en individuos con tetraplegia en comparación con aquellos con paraplegia (Chiaravalloti & Al., The impact of level of injury on patterns of cognitive dysfunction in individuals with spinal cord injury, 2020).

Se observó significancia estadística ($p=0.006$) entre los pacientes que sufrieron TCE además de la lesión medular (14 sujetos), y el apartado de la prueba TAVEC donde se reportan los falsos positivos en la prueba de memoria de reconocimiento, lo que puede indicar afectación en la habilidad de estos sujetos para recuperar información previamente almacenada. La literatura menciona que respecto a la función cognitiva y el desempeño en evaluaciones neuropsicológicas el antecedente de TCE (moderado o severo) concomitante a la lesión medular, tiene un impacto negativo que se manifiesta en afección de la memoria y las habilidades de resolución de problemas. (Valbuena Valecillo & Al., 2022)

En los casos con episodios de hipotensión arterial reportada, se encontró significancia estadística en los apartados de la prueba TAVEC correspondientes a evocación y almacenamiento de memoria a largo plazo, memoria de reconocimiento; así como en el apartado de velocidad de procesamiento, reflejado en el total de aciertos en esa área de la prueba WAIS y el área de atención el tiempo de ejecución de la prueba TMT A. En un estudio publicado en 2018 por Wecht, J; et. Al, se menciona que, personas con lesión medular con nivel por arriba de T1 tienen menor desempeño en pruebas cognitivas que evalúan la velocidad de procesamiento, atención sostenida y memoria de trabajo visual (Wecht & Al., 2018).

Respecto al grupo con antecedente de consumo de sustancias se reportaron diferencias estadísticamente significativas en DODPE que evalúa atención, y en el puntaje total del Inventario de Depresión de Beck (BDI). Que indica asociación entre el consumo de sustancias y el desempeño en DODPE; contrario a la literatura existente, estudios en sujetos sanos mencionan la posibilidad de alteración moderada en las funciones cognitivas tanto en el consumo agudo o crónico de sustancias, sobre todo en la velocidad de procesamiento y funciones ejecutivas, y de forma leve en el área de atención (Bourque & al, 2021). Respecto al puntaje de BDI, podría existir relación entre las alteraciones del estado de ánimo y el consumo de sustancias como consecuencia.

La edad tuvo una correlación negativa y moderada para la memoria de reconocimiento, la velocidad de procesamiento y la atención en el apartado de la prueba de claves WAIS; correlación positiva y moderada con las evaluaciones del área de fluidez verbal y atención.

Para los meses con lesión medular, se observó una correlación positiva y moderada en las áreas de memoria de la prueba TAVEC, funciones ejecutivas y velocidad de procesamiento. Contrario a lo reportado en la literatura, se vio un mejor desempeño a mayor evolución. En un estudio de Molina, et. Al. publicado en 2018 observaron la prevalencia de la disfunción cognitiva y que incluso se agrava al transcurrir el tiempo de evolución (Molina & Al., 2018). Este estudio tiene como fortaleza que se enfocó en buscar la asociación entre las alteraciones cognitivas y ciertas variables relacionadas con la función respiratoria.

En cuanto al uso de oxígeno suplementario, se observó significancia estadística y un mejor desempeño en aquellos sin este antecedente, en las pruebas para memoria a largo plazo, atención, funciones ejecutivas, velocidad de procesamiento; y en el resultado del cuestionario de funcionalidad ADL.

Respecto a los pacientes con antecedente de recibir terapia respiratoria, se observó significancia estadística en los apartados de las pruebas correspondientes a atención, y almacenamiento y evocación de memoria a largo plazo. Esto no se ha reportado en la literatura.

En los pacientes con antecedente de uso de ventilación mecánica, además de la significancia estadística se observó que en ese grupo predominaron las perseveraciones en intrusiones durante la prueba TAVEC en el apartado de memoria a largo plazo; así como en el total de aciertos y la puntuación escalar de la prueba de claves WAIS. No existen antecedentes similares en la literatura.

El uso de un porcentaje de FIO₂ mayor, tuvo una correlación positiva en los apartados de las pruebas que evalúan atención, funciones ejecutivas y velocidad de procesamiento, así como con la hemoglobina promedio reportada; y negativa para la hemoglobina reportada al ingreso del paciente y del último puntaje total de SCIM III reportado. Lo que podría

traducirse en un mejor desempeño en aquellos pacientes que recibieron oxígeno suplementario. Un artículo publicado en 2013 sobre los efectos de la concentración de oxígeno y su flujo reportó un aumento de la saturación de oxígeno, disminución de la frecuencia cardíaca y mejora en las funciones cognitivas en una muestra de adultos mayores sanos (Kim & Al., 2013).

Para las cifras de hemoglobina reportada al ingreso del paciente se observó correlación positiva y moderada con la hemoglobina promedio, lo que hablaría de la estabilización gradual del padecimiento; con el FIO₂ máximo y el resultado del primer ensayo de la prueba TAVEC resultó una correlación negativa.

La coexistencia de alteraciones cognitivas en individuos con lesión medular tiene un impacto significativo en el grado de independencia y en su calidad de vida.

Además, se han formulado hipótesis sobre el grado de deterioro cognitivo, que puede ser disparado o exacerbado por la respuesta inflamatoria.

Otra hipótesis planteada es que las transiciones en el sistema nervioso autónomo (principalmente en pacientes con lesiones por encima de T6), cuya aparición de inestabilidad de la presión arterial e hipotensión, pueden dar lugar a cambios en el acoplamiento neurovascular. Y la función cerebral, que se caracteriza por un metabolismo regional mejorado en el área activa, va a exigir un aumento de aporte de sustrato por aumento de la irrigación vascular, que puede ser inadecuada en pacientes con una hipotensión grave (Wecht & Al., 2018).

Otra causa sería la disrreflexia autonómica, principalmente compuesta por crisis hipertensivas repetitivas, que pueden provocar lesiones vasculares y a largo plazo un deterioro cognitivo.

Aunque puede que el déficit neuropsicológico sea transitorio, existe la posibilidad que persista durante o posterior a los primeros meses después de la lesión. El reconocimiento de la presencia de estos déficits cognitivos durante la etapa de rehabilitación inicial es esencial porque es el período durante el cual se tiene mayor neuroplasticidad.

No obstante, es fundamental considerar que el deterioro cognitivo posterior a una lesión medular puede ser progresivo debido a algunos factores, incluido el impacto acumulativo de las drogas psicoactivas, la inflamación cerebral, factores psicológicos, entre otros.

Considerando la etiología de la lesión como punto esencial de las manifestaciones afectivo-emocionales en pacientes con lesión medular, se espera un impacto psicológico inmediato debido al evento. Algunas enfermedades mentales se han asociado más estrechamente con lesión medular, como: la depresión (30%), la ansiedad (15 a 32%) y el trastorno de estrés postraumático (7 a 44%) (Le J, 2016).

Además de los problemas psicológicos, el tratamiento de rehabilitación puede verse obstaculizado por el daño cognitivo, que puede disminuir también la capacidad del paciente para lograr su plena reintegración social. Los estudios sobre el deterioro cognitivo posterior a una lesión medular demostraron algunas asociaciones con la edad, la educación, el consumo de alcohol y sustancias, y el traumatismo craneoencefálico concomitante.

Además, existen otros factores que contribuyen al deterioro cognitivo en la lesión medular, como: los problemas de aprendizaje, la fatiga, el dolor crónico y el uso de múltiples medicamentos (Molina & Al., 2018).

Limitaciones

Como limitaciones de este estudio se encuentran que se trata de un estudio de tipo transversal, en el cual la información de las variables clínicas fue recopilada del expediente electrónico de cada paciente. Dicha información en ocasiones fue parcial, lo que otorga un área de oportunidad importante.

Asimismo, sería de interés conocer la posología y tiempo que se ha llevado tratamiento farmacológico, ya que existen algunos artículos que mencionan la correlación entre algunos medicamentos y el desempeño cognitivo.

Por último, la oportunidad de tener una evaluación neuropsicológica integral al ingreso del paciente y a lo largo de su evolución podría aportar datos de calidad y proveer de una mayor muestra.

Conclusión

Encontramos que los pacientes con lesión medular presentan alteraciones cognitivas, principalmente en las áreas de: memoria (almacenamiento y evocación), velocidad de procesamiento y atención sostenida.

Existen factores que se asocian con estas alteraciones cognitivas, como la edad, TCE concomitante, el nivel neurológico de la lesión, los antecedentes de hipotensión arterial, y antecedentes de requerimientos altos oxígeno suplementario y/o uso de ventilación mecánica. Dentro de estos factores, las variables respiratorias mostraron influir en estas alteraciones.

Mejorar las condiciones en este ámbito para los pacientes, sobre todo aquellos con lesiones más altas, desde el primer contacto, podría jugar un papel importante en la prevención del deterioro cognitivo y en el mantenimiento de sus funciones.

Bibliografía

- Alcántar-Garibay, O., & Al., e. (2022). Spinal cord injury-induced cognitive impairment: a narrative review. *Neural Regeneration Research*, 2649–2654.
- ASIA, & ISCoS. (2019). *International standards for neurological classification of spinal cord injury*. EUA.
- Biskamp, J., & Al., e. (2017). Organization of prefrontal network activity by respiration-related oscillations. *Nature Scientific Reports*, 1-11.
- Bluvshtein, V., & Al., e. (2012). A new grading for easy and concise description of functional status after spinal cord lesions. *Nature*, 42-50.
- Bourque, J., & al, e. (2021). Cannabis and cognitive functioning: from acute to residual effects, from randomized controlle trials to prospective designs. *Frontiers in Psychiatry*, 1-12.

- Carlozzi NE, G. S. (2017). Validation of the NIH Toolbox in Individuals with Neurologic Disorders. *Arch Clin Neuropsychol*, 555-573.
- Chiaravalloti, N., & Al., e. (2020). The impact of level of injury on patterns of cognitive dysfunction in individuals with spinal cord injury. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 633-641.
- Chiaravalloti, N., & Al., e. (2020). The impact of level of injury on patterns of cognitive dysfunction in individuals with spinal cord injury. *Spinal Cord Medicine*, 633-641.
- Cifu, D., & Eapen, B. (2021). *Braddom's physical medicine and rehabilitation*. Philadelphia, PA.: Elsevier.
- Cuccurullo, S. (2019). *Physical medicine and rehabilitation board review*. USA: Springer.
- Davidoff GN, R. E. (1990). Cognitive dysfunction in spinal cord injury patients: sensitivity of the Functional Independence Measure subscales vs neuropsychologic assessment. *Arch Phys Med Rehabil.*, 326-329.
- Fan, B., Wei, Z., & Feng, S. (2021). Progression in translational research on spinal cord injury based on microenvironment imbalance. *Bone research*, 1-26.
- Haddad, A., Burke, J., & Dhall, S. (2021). The natural history of spinal cord injury. *Neurosurgery clinics*, 315-321.
- Heck, D., & Al., e. (2019). The rhythm of memory: how breathing shapes memory function. *Journal of Neurophysiology*, 563-571.
- Heck, D., Kozma, R., & L., K. (2019). The rhythm of memory: how breathing shapes memory function. *Journal of Neurophysiology*, 563-571.
- Kim, H., & Al., e. (2013). Effectos of oxygen concentration and flow rate on cognitive ability and physiological responses in the elderly. *Neural regeneration research*, 264-269.
- Krassioukov, A., & Al., e. (2020). Disfunciones autonómicas después de una lesión de la médula espinal: una descripción general para los médicos de atención primaria. *Top Spinal Cordk Injury Rehabilitation*, 123-127.
- Le J, D. D. (2016). Anxiety prevalence following spinal cord injury: a meta-analysis. *Spinal Cord*, 570-578.
- Li, C., & Al., e. (2022). Temporal and spatial cellular and molecular pathological alteration with single-cell resolution in the adult spinal cord after injury. *Nature: Signal transduction and targeted therapy*, 1-15.
- Li, F., & Al., e. (2021). Multidimensional review of cognitive impairment after spinal cord injury. *Acta Neurologica Belgica*, 37-46.
- Li, Y., & Al., e. (2020). Dementia, depression, an d associated brain inflammatory mechanisms after spinal cord injury. *Cells*, 1-22.
- Molina, B., & Al., e. (2018). Cognitive performance of people with traumatic spinal cord injury: a cross-sectional study comparing people with subacute and chronic injuries. *Spinal Cord*, 796-805.
- Noller, C., & Al., e. (2017). Inflammatory stress effects on health and function after spinal cord injury. *Top Spinal Cord Injury Rehabilitation*, 207-217.

- NSCISC. (31 de Diciembre de 2023). *National Spinal Cord Injury Statistical Center*. Obtenido de Traumatic Spinal Cord Injury Facts and Figures at a Glance: <https://www.nscisc.uab.edu/public/Facts%20and%20Figures%202023%20-%20Final.pdf>
- Rodriguez-Meza, M. V.-C.-M. (2016). Clinical and demographic profile of traumatic spinal cord injury: a Mexican hospital-based study. *Spinal Cord*, 266-269.
- Sachdeva, R., Gao, F., & Krassioukov, A. (2018). Cognitive function after spinal cord injury. *Neurology*, 611-621.
- Saef, I. (2024). Traumatic spinal cord injury. *Continuum*, 53-72.
- Solarte, A., Alzate-Granados, J., PJ, L.-P., & Barceló, E. (2020). Breathing technique in pain and cognitive function: a systematic review of literature. *Journal of Applied Cognitive Neuroscience*, 25-42.
- Tsanov, M., & Al., e. (2014). Respiratory cycle entrainment of septal neurons mediates the fast coupling of sniffing rate and hippocampal theta rhythm. *European Journal of Neuroscience*, 957-974.
- Valbuena Valecillo, A., & Al., e. (2022). Concomitant brain injury and spinal cord injury management strategies: a narrative review. *Personalized Medicine*, 1-12.
- Visagan, R., & Al., e. (2023). Spinal cord perfusion pressure correlates with breathing function in patients with acute, cervical traumatic spinal cord injuries: an observational study. *Critical Care*, 1-11.
- Wecht, J. (2022). Management of blood pressure disorders in individuals with spinal cord injury. *Current Opinion in Pharmacology*, 60-63.
- Wecht, J., & Al., e. (2018). Systemic and cerebral hemodynamic contribution to cognitive performance in SCI. *Journal of Neurotrauma*, 1-28.
- WHO. (19 de Noviembre de 2013). *World Health Organization*. Obtenido de <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/spinal-cord-injury>
- Wrigley, P., & Al., e. (2009). Anatomical changes in human motor cortex and motor pathways following complete thoracic spinal cord injury. *Cerebral Cortex*, 224-232.
- Zárate-Kalfópulos, B., Jiménez-González, A., Reyes-Sánchez, A., & et. Al. (2016). Demographic and clinical characteristics of patients with spinal cord injury: a single hospital-based study. *Spinal Cord*, 1016-1019.