

TRABAJO FIN DE GRADO

IMPLEMENTACIÓN DEL USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LOS CUIDADOS DE ENFERMERÍA PARA FOMENTAR LA COMUNICACIÓN CON LOS PACIENTES CON LOCKED-IN SYNDROME

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Autor/a: Raquel Arroyo Fernández

Tutor/a: Luis Alejandro Álvaro Meca

Grado en enfermería URJC

Curso Académico 2023/2024

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	1
ÍNDICE DE FIGURAS	1
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	2
RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
ETIOLOGÍA/EPIDEMIOLOGÍA	4
FISIOPATOLOGÍA	5
DIAGNÓSTICO	6
PRONÓSTICO	7
TRATAMIENTO	7
INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	9
2. JUSTIFICACIÓN	11
3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	11
4. OBJETIVOS.....	11
OBJETIVO PRINCIPAL	11
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
5. METODOLOGÍA.....	12
5.1. DIAGRAMA DE FLUJO.....	14
6. RESULTADOS.....	15
7. DISCUSIÓN.....	25
7.1. DIFERENTES USOS DE BCI	25
7.2. ¿EXISTE POSIBILIDAD DE REHABILITACIÓN CON BCI EN PACIENTES CON LIS?	27
7.3. PAPEL DE ENFERMERÍA EN TODO ESTE PROCESO.....	29
8. LIMITACIONES Y FORTALEZAS DEL TRABAJO	29
9. CONCLUSIONES.....	30
10. BIBLIOGRAFÍA.....	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Índice de Abreviaturas.....	2
Tabla 2: Términos Clave. Fuente: Elaboración Propia	12
Tabla 3: Ecuaciones de Búsqueda. Fuente: Elaboración Propia.....	13
Tabla 4: Criterios de Inclusión y Exclusión. Fuente: Elaboración Propia	13
Tabla 5: Artículos los cuales tratan de la posibilidad de recuperación/rehabilitación y sus métodos en el LIS. Fuente: Elaboración Propia.....	15
Tabla 6: Artículos que desarrollan los diferentes usos de las BCI. Fuente: Elaboración Propia.....	19
Tabla 7: Artículos referentes al papel de la enfermería. Fuente: Elaboración Propia	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de Flujo; Fuente: Elaboración Propia	14
---	----

Tabla 1. Índice de Abreviaturas

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

LIS/LIS	Locked-in Syndrome
PIC	Presión Intracraneal
ACV	Accidente Cerebro Vascular
ACVI	Accidente Cerebro Vascular Isquémico
ABVD	Actividades Básicas de la Vida Diaria
SNC	Sistema Nervioso Central
IA	Inteligencia Artificial
LCR	Líquido cefalorraquídeo
BCI	Brain Computer Interface/Interfaces
BCIc	Brain Computer Interface for communication
FES	Estimulación Eléctrica Funcional
EEG	Electroencefalograma
MEG	Magnetoencefalografía
PET	Tomografía por Emisión de Positrones
fMRI	Resonancia Magnética Funcional
fNIRS	Espectroscopia Funcional de Infrarrojo cercano
ECoG	Electrocorticografía
HBP	Hiperplasia Benigna de Próstata
ELA	Esclerosis Lateral Amiotrófica
VM	Ventilación Mecánica
FR	Frecuencia Respiratoria
UCI	Unidad de Cuidados Intensivos
HTA	Hipertensión Arterial
FC	Frecuencia Cardíaca
AVD	Actividades Vida Diaria
SNG	Sonda Nasogástrica
AAC	Alternative and Augmentative Communication

RESUMEN

El inminente crecimiento de la influencia de la Inteligencia Artificial en el mundo sanitario, ligado a un síndrome donde los pacientes no tienen una capacidad de comunicación independiente, enfrenta la posibilidad de tener un proceso de rehabilitación con mejora de la calidad de vida. Ciertamente, parece ser un ámbito poco estudiado desde el punto de vista de enfermería.

En el presente estudio, se realiza una revisión bibliográfica en búsqueda de evidencia científica, procedente de las bases de datos: PUBMED, CUIDEN, CINHAL, MEDLINE, SCIELO, COCHRANE y LILACS. El objetivo de este es analizar la implementación del uso de la IA en cuidados de enfermería, para favorecer la comunicación con pacientes con Locked-In Syndrome durante su proceso de rehabilitación. Los resultados evidencian las diferentes herramientas de Brain Computer Interface con las que los pacientes trabajan la comunicación, sin embargo no consta de manera directa la figura de la enfermería; es por esto por lo que las limitaciones destacadas son la falta de campo de experimentación sobre dicha temática.

Se concluye que por la IA, nacen las BCI, herramienta prometedora para la comunicación con los pacientes con LIS durante su rehabilitación, siendo destacable la falta de la figura de la enfermera en torno a la investigación, fases de experimentación y creación de herramientas. Por ello, es relevante el hincapié en la parte que conforman estos profesionales para cubrir el cuidado holístico de los pacientes con LIS.

Palabras clave: *artificial Intelligence, nursing, nurse care, nurse, Locked-In Syndrome, communication, rehabilitation, interfaz cerebro-computadora.*

1. INTRODUCCIÓN

¿Cómo es estar consciente pero paralizado y sin voz? El Locked-In Syndrome fue descrito por primera vez por Plum y Posner en 1972 (1, 2), definiéndose como el estado médico en el que un paciente conserva las funciones cognitivas intactas, mientras que es incapaz de moverse debido a que presenta una cuadriplejía o tetraplejía. Igualmente, mantienen el movimiento vertical ocular junto con los párpados y la audición (3, 4).

En 1979, Bauer *et al.* (5) introdujeron más subcategorizaciones al ya conocido síndrome, de esta forma se distinguieron el LIS clásico, completo e incompleto; clasificando así, aquellos pacientes con capacidad de movimientos voluntarios (3, 4). La forma clásica se define por la inmovilidad total, con capacidad de realizar movimientos oculares verticales, el parpadeo, la audición y la conciencia (3). Mientras que en la forma incompleta, los pacientes poseen pequeñas funciones motoras adicionales (3, 4).

Debido a la complejidad del síndrome, hay pacientes que presentan conjuntamente trastornos de la conciencia, añadiendo así el término locked-in plus, introducido por el Grupo de Coma de Salzburgo (6). Gracias a esto, cobra sentido la tercera presentación del síndrome, la denominada forma completa, en la cual se pierde la posibilidad de comunicarse con el paciente (7).

Aún con los diferentes subtipos, los principales retos que supone el LIS, tras el abordaje en etapa aguda, son la rehabilitación y la recuperación posteriores. Ambas, presentan un desafío en los cuidados de enfermería, desde el manejo de la presión arterial, hasta la reimplementación de la alimentación oral, el soporte ventilatorio, manejo de sistema digestivo, de eliminación e incluso el cuidado de los ojos (8).

Todas estas funciones pertenecen a dicha profesión, en conjunto con un equipo interdisciplinar que favorezca la movilidad y la reeducación en el lenguaje. Siendo nuestro objetivo principal el desarrollo de una adecuada y efectiva comunicación mediante las IA como base para promover la conectividad terapéutica con el paciente y la familia (8).

Estos hechos son esenciales en enfermería para asegurar la promoción de la autonomía, independencia y mejora de la calidad de vida. Siendo la comunicación una de las 14 necesidades de Virginia Henderson y uno de los 11 patrones funcionales de Dorothea Orem que la enfermera debe valorar, identificar y cubrir (8).

ETIOLOGÍA/EPIDEMIOLOGÍA

El síndrome de Locked-in es causado por cualquier lesión que afecte al mesencéfalo o/y a la protuberancia ventral (4), donde un inicio agudo suele indicar accidente cerebro vascular

(ACV), trauma o desmielinización (9). Mientras que un inicio subagudo está relacionado con infecciones, Guillén-Barré o ELA (9, 10).

Como causa principal se encuentran los ACV que se dividen en hemorrágicos (15-20%) e isquémicos (80-85%) (11, 12). Un estudio de Patterson y Brabois en 1986 demostró la prevalencia de los ACVI, afectando al sistema vertebrobasilar en casi un tercio de los casos, con mayor daño en la protuberancia del tronco (3, 9, 12).

En el caso del Locked-in Syndrome, hablamos de un ACV pontino bilateral (12), siendo las estructuras afectadas y su respectiva sintomatología algunas de las siguientes mencionadas; en el tracto corticoespinal se produce cuadriplejía; en el corticobulbar, afonía/disfagia; en la formación reticular pontina, se produce la paresia horizontal bilateral de la mirada; viéndose también letargo transitorio en esta formación (12).

La segunda causa más frecuente de LiS sería el traumatismo, en concreto por trauma cerrado o penetrante que produce desgarramiento u oclusión trombótica del suministro de sangre de la arteria vertebrobasilar (4, 13, 14).

Otra de las causas que pueden desembocar en LiS por daño en el tronco encefálico, son las masas que afectan a la zona de la protuberancia o el mesencéfalo ventral caudal. En concreto, algunos de los casos reportados han sido astrocitoma fibrilar, sarcoma del retículo pontino, metástasis de adenocarcinoma de pulmón y metástasis de melanoma (9, 15).

Una de las causas menos descritas en la literatura, por los escasos casos registrados, son las infecciones. Cabe mencionar dos casos de meningitis grave que debido al aumento de la PIC, desembocó en el síndrome (16, 17). De igual forma, la desmielinización metabólica, en concreto la mielínolisis pontina (18), habiendo sido registrados múltiples casos derivados de otras situaciones clínicas similares como la esclerosis múltiple, el Guillen-Barré o la ELA (19-21).

Por ende, podemos concluir que el síndrome puede llegar a causarse por cualquier lesión que afecte a la protuberancia ventral y el mesencéfalo, mientras que la conciencia permanezca intacta (4). En caso contrario, puede explicarse por las lesiones del tronco encefálico, tanto a la protuberancia ventral, como al mesencéfalo extendiéndose al tálamo y las regiones dorsales del tronco (3).

FISIOPATOLOGÍA

Cuando hablamos de las diferentes categorías de LIS, debemos referirnos a la fisiología; de las características más repetidas del síndrome, encontramos el movimiento ocular vertical, controlado por los pares craneales IV y VI (22). En el III par craneal encontramos el reflejo

pupilar; anatómicamente hablando, el núcleo de este se encuentra vertebromedial en el mesencéfalo (22).

A su vez, las neuronas motoras superiores contenidas en los tractos corticobulbares, pasan a través del mesencéfalo y la protuberancia, relacionadas con los pares V, VII, IX, X, XI y XII; Junto con el tracto corticoespinal y espinotalámico, controlan las funciones motoras y sensoriales de extremidades y tronco. Por tanto, una lesión en esta zona puede afectar a los pacientes en diferentes grados (4, 22).

Por último, a nivel anatómico cabe destacar que por la protuberancia del tronco en la zona ventral, discurre la arteria basilar, comunicada por dos arterias vertebrales donde las anomalías en estas pueden llegar a producir dicho síndrome, por ello cobra importancia la etiología (4, 12).

DIAGNÓSTICO

El diagnóstico es esencial para evitar las tasas de mortalidad, para ello se recomienda el uso de criterios neuroconductuales (10), es decir: movimientos oculares, función cognitiva intacta, hipofonía severa o afonía, parpadeo, cuadriplejía, afasia, entre otros (10).

El diagnóstico requiere un reconocimiento detallado que incluye: revisión de antecedentes e historial médico, estudios de imagen, exámenes de laboratorio, pruebas electrofisiológicas y examen físico.

Este último es crucial para determinar las áreas afectadas del SNC y distinguir entre las categorías del síndrome (4). Para ello, se realiza un examen neurológico, evaluando los pares craneales: III para movimientos oculares; V, VII, IX, X, XI y XII para función motora; VIII para la audición, mientras que las vías sensoriales generalmente no se ven afectadas (4, 7, 22).

A nivel respiratorio, estos pacientes suelen presentar patrón de Cheyne-Stokes, apnéustica y a nivel oftálmico la posibilidad de responder “Si”/ “No” mediante los movimientos oculares verticales siempre que estén conservados (7, 22); en caso contrario, la capacidad de comunicación con el paciente se complicaría, siendo promovida por los avances de la IA mediante otros parámetros como medidores de estrés, FC o FR (22).

Con respecto a los estudios de imagen, la tomografía computerizada y resonancia son de las pruebas más válidas, sin embargo, hay que tener en cuenta que un resultado negativo en fMRI no excluye la consciencia, debido a los posibles artefactos que conducen a un resultado erróneo. Es interesante añadir la angiografía para detectar lesiones vasculares junto con un medio de contraste, para la identificación de masas o lesiones desmielinizantes (3, 4).

Cabe destacar la realización de EEG, para así evaluar la actividad cerebral, los ciclos sueño-vigilia y la atención, de la mano de la fMRI. A su vez, la capacidad de comprensión, orientación y comunicación podrá evaluarse con sensores infrarrojos mediante el movimiento ocular, o con prótesis moduladoras de voz (23).

Por otro lado, los exámenes de laboratorio incluyen control del LCR para detectar etiologías infecciosas o autoinmunes (19); junto a análisis de niveles de metabolitos en sangre, que pueden causar estados comatosos similares al LIS (4). Según León-Carrión et al., es crucial diagnosticar correctamente, para evitar confusiones con otras condiciones neurológicas, como estados vegetativos o coma (24).

PRONÓSTICO

Generalmente el pronóstico de LIS no es favorable, la mayoría de los pacientes presentan empeoramiento de la calidad de vida. La tasa de mortalidad se calcula en torno al 75% en la fase aguda de la enfermedad (3, 9, 25).

Por otro lado, varios estudios realizados hablan de un pronóstico diferente dependiendo del subtipo, el tiempo promedio hasta el diagnóstico oscila alrededor de los dos meses y se datan tasas de mortalidad del 30-60%, con una tasa de supervivencia alrededor de 2 años; superados estos, aumentan al 80% (7, 9).

A pesar de ello, se arrojan muchos datos positivos en las investigaciones, evidenciándose una mejoría de rehabilitación física en LIS incompleto, donde aproximadamente un 62% de estos aprenden el uso de la comunicación visual mediante la IA (7).

Los pacientes con LIS a menudo dependen de otros para las AVD, principalmente debido a limitaciones motoras (7). Se describen cinco posibilidades de recuperación basadas en el nivel de dependencia: ninguna recuperación (dependencia total); recuperación motora mínima con comunicación facilitada; capacidad para realizar algunas ABVD; recuperación total con déficits neurológicos leves; y recuperación completa sin secuelas. A pesar del pronóstico, el enfoque principal es garantizar la calidad de vida a largo plazo mediante el tratamiento y el manejo de las comorbilidades, promoviendo la comunicación (4, 7).

TRATAMIENTO

El primer paso ante un caso de LIS es la estabilización aguda y tratamiento de la etiología subyacente. Tras esto, se debe comenzar una rehabilitación que de promedio, comenzará el primer mes tras el diagnóstico (3).

Actualmente, el tratamiento se centra en los cuidados, mayoritariamente enfermeros: manejo del dolor, espasticidad, incontinencia, nutrición, permeabilidad de la vía aérea, visión, funciones vegetativas, vestibulares y, el punto más importante, la comunicación (3).

El tratamiento comienza en la UCI, en primera instancia con relación al control y monitorización hemodinámica, siendo uno de los grandes desafíos junto a la TA, el riesgo cardiogénico o las taquicardias por causa vasovagal. Debido a esta inestabilidad existe una alta probabilidad de que los pacientes repitan un ACV; por ello, la importancia de un seguimiento de la medicación (8).

De la mano, se encuentra el mantenimiento de la vía aérea, primeramente intubados con VM, se avanzará hacia la traqueostomía, previniendo la broncoaspiración mediante el manejo de secreciones, con posición Fowler, junto al tratamiento de la disfagia producida por el síndrome (8). A su vez, la alimentación enteral mediante SNG debe favorecer el sistema digestivo y la motilidad intestinal hasta que sea posible realizar alimentación oral (8).

Cabe destacar que, debido a la zona anatómica afectada, la función vestibular se ve perjudicada por episodios de vértigos, náuseas y vómitos que pueden impedir el avance clínico; por ello, debe revisarse la medicación antiemética, entre otras, y el adecuado uso de la SNG (8).

De igual forma, estos pacientes pueden presentar llanto o risa patológica descontrolada, debido a la afección del bulbo; característica que afecta enormemente al estado de ánimo del paciente y a la esfera psicológica (8).

De la mano, se encuentra el cuidado de los ojos, por ejemplo, si el paciente presenta LiS incompleto; se deberán realizar cuidados continuos de hidratación y mantenimiento de las conjuntivas para evitar episodios de queratitis, ya que el paciente sigue consciente (8).

A nivel del sistema de eliminación, se valorará la recuperación espontánea de la micción y si no, se procederá al uso de sondaje vesical, tratando de evitar la retención urinaria (8).

Para lo anteriormente hablado, se recomienda la fisioterapia torácica y el tratamiento psicológico/psiquiátrico debido a las comorbilidades más comunes, como la depresión. También la terapia del habla, terapia ocupacional y uso de dispositivos de asistencia (3, 4, 7).

Por ende, el abordaje debe ser multidisciplinar para llevar a cabo intervenciones multimodales, basadas en la IA (3, 4, 7). Son clave las funciones cognitivas, ya que, debe existir una previa comprobación de estas mediante el correcto diagnóstico. Para este tratamiento, no solo los médicos o los biomédicos que ponen en marcha las IA son necesarios, sino que se debe contar con fisioterapeutas, auxiliares, logopedas, psicólogos, prestando especial mención de la figura de la enfermería (3, 26, 27).

Las investigaciones revelaron que las esferas no satisfechas en los pacientes con LiS con respecto a sus cuidados son la información, el respeto y la asistencia técnica

especializada. Por ello, el tratamiento y la rehabilitación no debe suspenderse en fases agudas, sino que debe ser tan vigoroso como para otros pacientes, favoreciendo la comunicación con el paciente mediante los dispositivos de IA que permiten el adecuado tratamiento del paciente con LIS en rehabilitación (3, 8).

Gracias al uso de estas, se han conseguido desarrollar sistemas de AAC que analizan el movimiento ocular, basadas en las BCI, permitiendo la respuesta del paciente. Mediante estos se puede conseguir que incluso deletreen palabras con un adecuado entrenamiento desde las etapas agudas, el cual solo se puede conseguir con cuidados 24 horas (8).

Por ello, la enfermera debe tener una formación y una resolución de problemas en relación con los sistemas de comunicación que se desarrollen en cada cuadro clínico. Adherido a un adecuado conocimiento de calibración, colocación, e interpretación de dichos dispositivos, sin dejar de lado la posterior educación del ámbito familiar del paciente (8).

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

En el año 2022, la inteligencia artificial fue seleccionada como la palabra del año, mostrando la importancia que ha cobrado en nuestros días; definiéndose como “algoritmos diseñados para ejecutar tareas que normalmente se atribuyen a la inteligencia humana ya sean: aprender, razonar, percibir, comunicar o tomar decisiones”(28, 29); es decir, se comprende como un conjunto de tecnologías que proporcionan varias funciones ante diferentes tareas o problemas (28, 29).

El origen de la IA se remonta a Alan Turing en 1950 con su publicación en la revista *Mind*: “Computing Machinery and Intelligence” (29). En este artículo, crea el denominado Test de Turing, el cual se ha usado durante años para evaluar la capacidad de las máquinas de razonar, de pensar. Dicha prueba crece en importancia con el desarrollo a lo largo de los años de algoritmos tan potentes como para soportar el análisis de nuestros comportamientos pasados, proporcionando sistemas de recomendación condicionantes en la mayoría de las disciplinas (29).

Algunos de los avances producidos en el ámbito de la salud mediante el uso de las IA son, el avance de diagnóstico y pronóstico, el desarrollo de fármacos, en algoritmos para exoesqueletos o en algoritmos para epidemiología. Esto se produce a partir del año 2011 donde gracias a la victoria de la computadora llamada Watson al *Jeopardy!*, nace el término de la IA como tecnología cognitiva con capacidad de simular la comprensión, y el proceso del pensamiento (29).

Actualmente, los dos métodos de aprendizaje mayormente desarrollados son, el aprendizaje automático que consta del análisis de muchos datos por se, corrigiendo de forma paulatina

los resultados que se van obteniendo mediante más datos; a su vez este puede ser supervisado, no supervisado o por refuerzo (28).

Mientras que el otro tipo de aprendizaje es el profundo o Deep Learning, el cual involucra las llamadas redes neuronales, o un conjunto de algoritmos en disposición de red como las neuronas. Subtipo derivado del aprendizaje automático, donde la información va pasando a través de los nodos neuronales, dirigiéndose de forma específica entre las conexiones (28).

Pero tras esta pequeña introducción, ¿cómo se usa la IA en el LIS? (28). Tradicionalmente, en enfermería cuando se habla del cuidado en la necesidad de la comunicación, las soluciones aportadas son mediante herramientas no tecnológicas, casi sin equipamiento. Mientras que diversos estudios relacionan este ámbito al concepto de herramientas de comunicación alternativa y aumentativa más tradicional (30).

Estas herramientas descritas plantean la cuestión de la necesidad de que un cuidador, profesional o acompañante realice una deducción de aquello que el paciente trata de expresar; según las características clínicas del síndrome, queda una actividad residual de movimiento ocular, donde con el avance de las IA se les permite ganar una autonomía mediante generadores de voz, control de cursores o joysticks, etc. (30).

Por ello nacen las BCI, pero ¿qué son? Las BCI se podrían definir como aquella tecnología asistida que mediante el control neuronal por diversos parámetros puede favorecer la funcionalidad de ciertas áreas cerebrales y de esta manera facilitar a los pacientes un control intuitivo y más natural de las tecnologías. De los diversos dispositivos existentes, estos ofrecen una solución cuando la tecnología AAC tradicional no puede proporcionar una respuesta adecuada (30).

A grandes rasgos podemos distinguir dos categorías de BCI: invasivas y no invasivas. La gran diferencia entre unas y otras es la presencia de implantes. En las no invasivas encontramos la magnetoencefalografía (MEG), resonancia magnética funcional (fMRI), espectroscopia funcional de infrarrojo cercano (fNIRS), tomografía por emisión de positrones (PET), electroencefalograma (EEG) (30).

Por otro lado las invasivas son aquellas implantables, como las basadas en electrocorticografía (ECoG) ya sean epidurales o subdurales, contando también con los intracorticales (30).

Según un estudio, alrededor del 16% del tiempo de la enfermería se dedica a actividades que impiden el acompañamiento al paciente, mientras que con la implementación de las BCI plantea el cambio de este hecho (28, 30).

¿Significa esto que las enfermeras están destinadas a ser sustituidas por la IA? Todo lo contrario. Las enfermeras también deben dedicarse activamente a la creación y uso de IA diseñada para la atención de pacientes, encargándose así de un adecuado desarrollo de los cuidados de enfermería. Ya que a pesar de la diferencia entre las disciplinas, el intercambio de conocimientos y habilidades resulta vital para el avance de la enfermería (28).

2. JUSTIFICACIÓN

La necesidad de abordar el avance de las tecnologías implementadas en los cuidados de enfermería constituye un fenómeno poco investigado en dicha profesión. En concreto, es un aspecto en auge entre los pacientes con LIS, debido a la posibilidad del uso de las BCI para crear una comunicación efectiva durante el proceso de rehabilitación.

Es por esto, por lo que se decidió realizar la presente investigación abordando el conocimiento de los cuidados enfermeros en complementación con la IA para generar un canal de comunicación operativo para los pacientes con LIS.

3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

La pregunta de investigación planteada para esta revisión bibliográfica con formato PICOT es:

¿En pacientes con Locked-In Syndrome, la implementación del uso de inteligencia artificial en los cuidados de enfermería fomenta la comunicación enfermero-paciente durante su proceso de rehabilitación?

4. OBJETIVOS

OBJETIVO PRINCIPAL

- Analizar la implementación del uso de la IA en cuidados de enfermería, para favorecer la comunicación con pacientes con LIS durante su proceso de rehabilitación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer la implementación del uso de la IA en cuidados de enfermería en pacientes con LIS.
- Describir los cuidados con IA de los pacientes con LIS, frente a los cuidados aplicados en neuropatologías similares.
- Recopilar el impacto real de la implementación de IA en cuidados de enfermería en pacientes con LIS.
- Detallar el uso de IA en los cuidados en pacientes con LIS para favorecer la comunicación.

5. METODOLOGÍA

Para la búsqueda bibliográfica con la selección correspondiente de artículos que favorecen esta investigación, se han usado algunos de los siguientes términos de búsqueda:

Tabla 2: Términos Clave. Fuente: Elaboración Propia

Términos Clave	MeSH	DeCS	CINAHL headings	Index Terms
Inteligencia Artificial	AI; Artificial Intelligence	Artificial Intelligence	AI; Artificial Intelligence	"Artificial Intelligence"
Cuidados de Enfermería	Nursing; Nursing Care; Nursing Care Management	Nursing Care	Nursing; Nursing Care; Nursing Care Management	"Nursing; Nursing Care"
Síndrome de Enclaustramiento	Locked-In Syndrome; Locked-In Syndromes; Ventral Pontine Syndrome, Cerebromedullospinal Disconnection	Locked-In Syndrome; Ventral Pontine Syndrome; Cerebromedullospinal Disconnection	Locked-In Syndrome; Ventral Pontine Syndrome, Cerebromedullospinal Disconnection	"Locked-In Syndrome"
Comunicación	Communication; Communication Programs; Nonverbal Communication	Communication	Communication; Communication Programs; Nonverbal Communication	"Communication"
Ayudas de Comunicación para Discapacitados	Communication Aids for Disabled	Communication Aids for Disabled	Communication Aids for Disabled	"Communication Aids for Disabled"
Rehabilitación	Rehabilitation; Habilitation	Rehabilitation; Rehabilitation Nurse	Rehabilitation; Habilitation	"Rehabilitation"
Interfaz Cerebro-Computadora	Brain-Computer Interfaces	Brain-Computer Interfaces	Brain-Computer Interfaces	"Brain-Computer Interfaces"
Barreras Comunicativas	Communication Barriers	Communication Barriers	Communication Barriers	"Communication Barriers"

Por medio de los términos seleccionados, se realizó una búsqueda en diversas bases de datos del área de salud: PUBMED, CUIDEN, CINHAL, MEDLINE, SCIELO, COCHRANE y LILACS. La búsqueda se acotó con un límite temporal de 5 años, sin imponer restricción idiomática. Para ello se usaron diferentes ecuaciones de búsqueda.

Las ecuaciones de búsqueda desarrolladas se muestran en la tabla 3:

Tabla 3: Ecuaciones de Búsqueda. Fuente: Elaboración Propia

BASES DE DATOS	ECUACIONES DE BÚSQUEDA
PUBMED, CUIDEN, CINHAL, MEDLINE, SCIELO, COCHRANE, LILACS	((Locked-In Syndrome) AND (Nursing))
PUBMED, CUIDEN, CINHAL, MEDLINE, SCIELO, COCHRANE, LILACS	((Locked-In Syndrome) AND (Communication))
PUBMED, CUIDEN, CINHAL, MEDLINE, SCIELO, COCHRANE, LILACS	((Locked-In Syndrome) AND (Rehabilitation))
PUBMED, CUIDEN, CINHAL, MEDLINE, SCIELO, COCHRANE, LILACS	((Locked-In Syndrome) AND (Brain-Computer Interfaces))
PUBMED, CUIDEN, CINHAL, MEDLINE, SCIELO, COCHRANE, LILACS	((Artificial Intelligence) AND (Nursing))
MEDLINE	((Locked-In Syndrome) AND (Nursing) AND (Brain-Computer Interface))
MEDLINE	((Artificial Intelligence) AND (Nursing) AND (Locked-In Syndrome))

Los criterios de inclusión y exclusión aplicados se muestran en la tabla 4:

Tabla 4: Criterios de Inclusión y Exclusión. Fuente: Elaboración Propia

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
Uso de las Brain-Computer Interface como método de comunicación en pacientes con LiS	Pacientes pediátricos o neonatos
Pacientes con Locked-In Syndrome	Pacientes paliativos u oncológicos
Pacientes con LiS en proceso de rehabilitación	Pacientes que no presenten alteración de la conciencia
Pacientes con Locked-In Syndrome clásico	Pacientes COVID-19
Pacientes con Locked-In Syndrome incomplete	Pacientes sin sintomatología de Locked-In Syndrome
Pacientes con Locked-In Syndrome con Brain-Computer Interfaces	Pacientes que no presentan alteración de la función motora
Pacientes con LiS en proceso hospitalario y de rehabilitación	Pacientes con Locked-In Syndrome complete
Diferentes estrategias de comunicación alternativas para los pacientes con alteración de la conciencia	

5.1. DIAGRAMA DE FLUJO

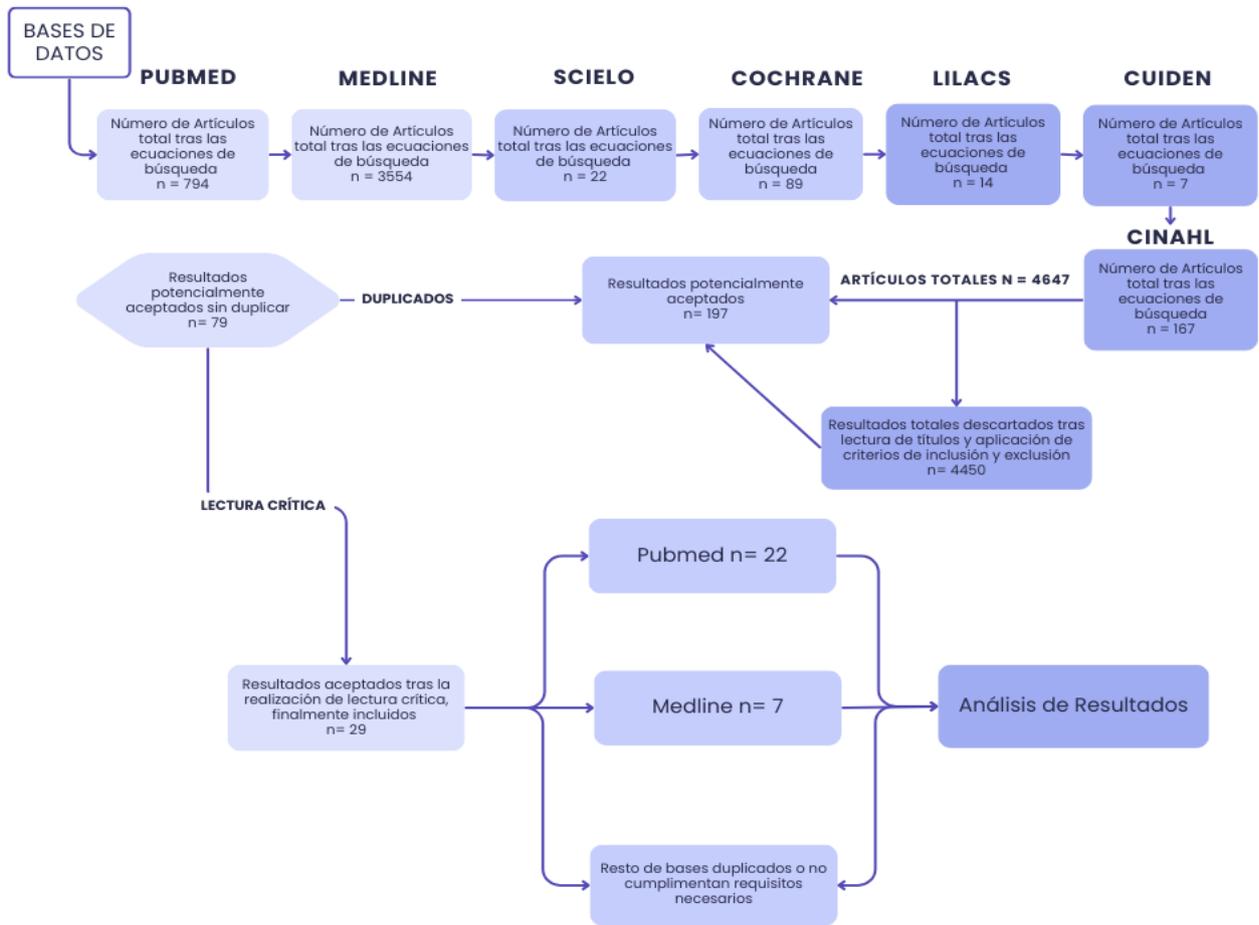


Figura 1: Diagrama de Flujo; Fuente: Elaboración Propia

6. RESULTADOS

Una vez realizada la búsqueda bibliográfica, se realiza una recopilación de los datos obtenidos, resumidas en las siguientes Tablas.

Tabla 5: Artículos los cuales tratan de la posibilidad de recuperación/rehabilitación y sus métodos en el LIS. Fuente: Elaboración Propia.

AUTORES /TÍTULO	OBJETIVO DEL ESTUDIO	METODOLOGÍA DEL Población	RESULTADOS
Demographic, Medical, and Clinical Characteristics of a Population-Based Sample of Patients With Long-lasting Locked-In Syndrome (31) Helle Walseth, Nilsen; et al. (2023)	Explorar la diversidad funcional de LIS y sus resultados en cuanto al curso de su rehabilitación dentro del contexto de complejidad de la clínica.	Estudio de Cohorte a nivel nacional en Noruega. La muestra poblacional de 43 pacientes. Para evaluar las capacidades de rehabilitación se usó la escala Rankin modificada (mRS) y los datos obtenidos por medio de la Unidad Nacional Noruega.	De los 43 pacientes, 23 mantuvieron LIS incompleto mientras que 20 se les consideraban LIS superados. 27 lograron recuperación mínima con mRS de 5; 5 capacidad de hablar con mRS de 3-4, y 3 recuperación completa con mRS de 2. Demostrando mediante este estudio la capacidad real de rehabilitación con los medios y seguimiento adecuados.
Brain-Computer Interfaces for Communication: Preferences of Individuals with Locked-in Syndrome (32) P. Branco, Mariana; et al. (2021)	Evaluar las preferencias de los usuarios de BCIC para conseguir una comunicación, centrado en las estrategias mentales, las aplicaciones y cuándo les gustaría estar informados sobre la Tecnologías Alternativas y las BCIC.	Estudio descriptivo transversal con análisis de datos obtenidos mediante encuestas a n=28 pacientes holandesas.	En este estudio, mostraron que la elección de las aplicaciones de BCIC, depende de la causa o etiología del LIS. La comunicación personal directa, la conversación privada y el uso general de la computadora, son las preferencias en las aplicaciones de las BCI de los individuos; en cuanto a estrategias mentales: motoras, la preferida frente a memoria de trabajo y reactivas mediante potenciales evocados. Mayor preferencia por ser informados cuando alcanzan el estado de bloqueo.
Brain-Computer interfaces for communication: preferences of individuals with locked-in syndrome, caregivers, and researchers (33)	Conocer las opiniones y preferencias de las BCIC, de cuidadores e investigadores en comparativa con los pacientes.	Estudio descriptivo transversal con n = 85, 28 pacientes, 29 cuidadores y 28 investigadores.	Se observó una falta de cohesión en las opiniones, reforzando el argumento a favor de un enfoque de diseño centrado en el usuario. para el desarrollo de las BCIC y la tecnología de acceso diseñada para el uso en la vida diaria. Estas diferencias se encontraron por el pensamiento de los cuidadores de que

<p>P. Branco, Mariana; et al. (2023)</p>			<p>aún con esta nueva herramienta, la calidad de vida de los pacientes seguirá siendo baja, ¿merece la pena el esfuerzo?</p>
<p>Methodological Recommendations for Studies on the Daily Life Implementation of Implantable Communication-Brain-Computer Interfaces for Individuals with Locked-in Syndrome (34) J. Vansteensel, Mariska; et al. (2022)</p>	<p>Proporcionar procedimientos generales, recomendaciones de implantación, formación y apoyo de aquellos pacientes candidatos a BCI implantables.</p>	<p>Revisión bibliográfica de un ensayo clínico de la UNP</p>	<p>Se prueban y validan los sistemas implantables de BCI para entornos de la vida diaria, describiendo la evidencia de cada etapa desde la elección de los pacientes con LIS o ELA hasta la cirugía y rehabilitación, con el equipo sanitario involucrado y aquellos aspectos que deben evaluar.</p>
<p>Locked-In Syndrome: Practical Rehabilitation Management (8) Farr, Ellen; et al. (2021)</p>	<p>Sintetizar información sobre las intervenciones de rehabilitación y recuperación en el LIS debido a la no descripción en investigaciones previas.</p>	<p>Revisión bibliográfica.</p>	<p>Se concluye que cuando se diagnostica LIS, se acompaña de un pronóstico devastador; cuando la evidencia aunque limitada demuestra un alto grado de rehabilitación dentro de las expectativas formadas. Los resultados de recuperación están ligados al LIS incompleto, teniendo este mejores resultados. En cuanto a cuidados se abordan como principales la comunicación, estado de ánimo, ventilación, movilidad, equilibrio, necesidad de cuidadores, etc. Concluyendo la importancia del equipo multidisciplinar, para la gestión, educación, apoyo y atención experta, especializada y en continua formación.</p>
<p>Comprehensive, technology-based, team approach for a patient with locked-in syndrome: A case report of improved function & quality of life (35)</p>	<p>Proporcionar información sobre el enfoque multidisciplinar, multisensorial y multimodal para los cuidados en intervenciones motoras y de comunicación,</p>	<p>Revisión retrospectiva de la historia clínica de un paciente. Los datos se clasifican en 4 puntos temporales. Se utilizó una escala de 18 ítems para evaluar independencia.</p>	<p>El informe de caso afirma que el uso de tecnologías, establecimiento de objetivos, metas, tratamientos multimodales y sensoriales, serían la clave de la recuperación del paciente. El paciente del estudio consiguió mediante esta metodología de tratamiento, la rehabilitación motora y de comunicación, verbalizando incluso</p>

McNair, Keara; et al. (2019)	basados en las IA, en pacientes con LIS.		el disfrute de la modalidad de tratamiento seleccionada.
Locked-in syndrome in Sweden, an explorative study of persons who underwent rehabilitation: a cohort study. (10) Svernlind, Kajsa; et al. (2019)	Explorar y describir el LIS en Suecia mediante la descripción de la población, situación de vida, mortalidad y calidad de vida.	Estudio de Cohorte de carácter nacional en Suecia, Población en total, pacientes n = 10.	Todos los pacientes utilizaron sillas de ruedas, tableros del alfabeto para comunicación y todos mostraban iniciativa mediante el uso de dispositivos informáticos de seguimiento ocular, de carácter no invasivo. Cabe destacar que se presenta la idea de un dispositivo como un botón de emergencia que los pacientes puedan disponer en todo momento. A partir de las entrevistas realizadas, se identifican necesidades insatisfechas de los pacientes: información, respeto, ayudas de IA para comunicación o profesionales especializados en este ámbito.
Mental imagery for brain-computer interface control and communication in non-responsive individuals. (36) R. Lugo, Zulay; et al. (2020)	Evaluar mediante un diseño centrado en el usuario, la usabilidad de las BCI con "mental imagery", para detectar signos de procesamiento voluntario para facilitar la comunicación en pacientes con LIS.	Estudio de cohorte centrado en el usuario con n=5 con LIS de la Asociación Francesa de LIS, instruyéndolos la creación de imágenes mentales de movimiento, para detectar mediante EEG patrones de sincronización/desincronización.	1 participante alcanzó el 71% de precisión de movimientos pasivos y el 64% intensos; otro participante consiguió también un 64% de precisión. El resto de los pacientes no logró una precisión significativa, siendo vitales las áreas corticales superiores necesarias para la visualización. Se demuestra que tanto la eficacia como la eficiencia podrían mejorarse acortando el tiempo de ejecución de tareas centrado la investigación en el usuario.
Decoding four hand gestures with a single bipolar pair of electrocorticography electrodes. (37) Verwoert, Maxime; et al. (2021)	Demostrar la utilización de las BCI, basadas en electrocorticografía (ECoG), de manera invasiva mediante implantes subdural. Se investiga la capacidad de decodificar 4 gestos con las manos en una sola tira de ECoG, mediante	Estudio analítico de cohorte n = 7 con epilepsia, a los cuales se les implantaron rejillas y tiras de ECoG subdurales.	Se demuestra que aumentar el número de zonas que se pueden decodificar de la corteza sensoriomotora, puede aumentar potencialmente la velocidad de comunicación. Se demuestra así que se pueden distinguir cuatro gestos con las manos con un solo par bipolar, siendo igual de efectivo que un solo electrodo unipolar.

	montajes unipolares y bipolares.		Defiende la idea del empleo de tiras de ECoG y el uso de un montaje bipolar mínimamente invasivo.
See, Hear, or Feel - to Speak: A Versatile Multiple-Choice Functional Near-Infrared Spectroscopy-Brain-Computer Interface Feasible with Visual, Auditory, or Tactile Instructions. (38) Nagels-Coune, Laurien; et al. (2021)	Investigar la viabilidad y eficacia de utilizar instrucciones visuales, auditivas o táctiles, para permitir a los individuos comunicarse a través de interfaces cerebro-computadora utilizando espectroscopia funcional de infrarrojo cercano (fNRIS-BCI)	Estudio analítico de cohorte n = 6 pacientes sanos de edad media de 29,5 años, entrenados durante 3 días en un algoritmo de comunicación de cuatro opciones, utilizando varias modalidades sensoriales (visión, audición, tacto).	Se demuestra una comunicación exitosa utilizando la espectroscopia funcional de infrarrojo cercano, presentando otras opciones en vez de (fMRI), siendo los primeros en explorar la modalidad táctil y obtener resultados significativos. Con una precisión de decodificación media de 62,50% para un solo canal y 85,2% para canales múltiples. La precisión se mantuvo estable en dos pacientes que realizaron el ensayo en una cafetería.
Sensorimotor ECoG Signal Features for BCI Control: A Comparison Between People with Locked-In Syndrome and Able-Bodied Controls. (39) V Freudenburg, Zachary; et al. (2019)	Evaluar la usabilidad de una comunicación con BCI focalizada en ECoG implantada para un uso en AVD en personas con LIS.	Estudio analítico de cohortes evaluando la respuesta de ECoG implantable en dos participantes con LIS con respecto a otros 9 pacientes con epilepsia refractaria; n = 11	Los dos pacientes con LIS consiguieron generar cambios conscientes de potencia en la corteza sensoriomotora, pudiéndose ver afectados por la discapacidad motora en cuanto a oscilaciones basales en frecuencias bajas y la modulación de estas.
MEG Sensor Selection for Neural Speech Decoding. (40) Dash, Debadatta; et al. (2020)	Investigar y profundizar la eficacia del uso de conjuntos óptimos de sensores basados en la magnetoencefalografía o (MEG) para la decodificación neuronal del habla.	Estudio descriptivo transversal de investigación mediante selección directa de nueve sensores óptimos basados en MEG, probados en siete sujetos sanos, sin antecedentes de trastornos neurológicos.	Se demuestra el menor costo en MEG, encontrándose que los sensores óptimos en fronto-temporal fueron comunes en todos los pacientes sanos donde se usó para la decodificación de la articulación. También usados en región temporal y parietoccipital con mejor resultado para decodificación. A su vez cabe destacar la distribución de forma bilateral de los sensores para asegurar la actividad neuronal durante el habla y de esta forma realizar la decodificación de la manera óptima.

Tabla 6: Artículos que desarrollan los diferentes usos de las BCI. Fuente: Elaboración Propia.

AUTORES / TÍTULO	OBJETIVO DEL ESTUDIO	METODOLOGÍA/ POBLACIÓN	RESULTADOS
Brain-computer interfaces for communication (30) J. Vansteensel, Mariska; et al. (2020)	Conocer la investigación actual en soluciones de comunicación utilizables mediante las BCI para mejorar la calidad de vida de pacientes con LIS.	Revisión bibliográfica de las últimas investigaciones de BCI con enfoque a adquisición de resultados en no invasivas vs implantados, subdurales e intracorticales.	Incluso ante el significativo avance en la investigación de la implantación de las BCI en aplicaciones para la vida diaria en pacientes con LIS o ELA; se siguen necesitando esfuerzos para traducir el conocimiento en gran medida de dispositivos, de investigación y avances en usabilidad. Cada tipo de BCI tiene sus propias limitaciones que deben superarse; como se detalla en sus respectivas secciones; además, los problemas deben resolverse dependiendo de la etiología de la patología, consiguiendo una comunicación efectiva.
Brain-computer interfaces for consciousness assessment and communication in severely brain-injured patients (41) Annen, Jitka; et al. (2020)	Exponer la literatura actual en investigación sobre las BCI en pacientes con trastornos de la conciencia.	Revisión Bibliográfica.	Desde el desarrollo del primer BCI basado en fMRI, el cual permitió que pacientes aparentemente inconscientes siguieran comandos y se comunicaran. Se han aplicado diversos enfoques de EEG y otros dispositivos portátiles. Se han utilizado diferentes paradigmas, potenciales evocados, tareas de imaginación motora o tareas independientes motoras. Se deben realizar investigaciones adicionales que empleen sistemas híbridos y técnicas de análisis más complejas siendo estas prometedoras para el futuro uso de BCI en pacientes con LIS.
Brain-computer interfaces for amyotrophic lateral sclerosis (42) J. Mcfarland, Dennis; et al. (2021)	Investigar sobre el uso de las BCI en ELA y si existe una mejoría o derivados.	Revisión bibliográfica	Según los estudios algunas BCI tienen beneficio en pacientes con ELA, favoreciendo la función muscular. Un estudio analizado estimó que 14 pacientes con ELA usaron las BCI para comunicarse con programas de texto, correo y lector de noticias, demostrando mediante varias investigaciones que se pueden usar BCI invasivas y no invasivas y seguir tras la investigación.

<p>New and emerging access technologies for adults with complex communication needs and severe motor impairments: State of the science. (43) Koch Fager, Susan; et al. (2019)</p>	<p>Fomentar la necesidad urgente de desarrollar herramientas para pacientes con gran dependencia motora, aprovechando tecnología emergente.</p>	<p>Revisión bibliográfica de las últimas investigaciones centradas en las tecnologías de acceso de comunicación aumentativa y alternativas, nuevas y emergentes, enfocando en pacientes con afecciones neurológicas.</p>	<p>En la revisión se demuestra que a pesar de los avances y las nuevas herramientas, los pacientes con discapacidades motoras siguen sin ver satisfechas sus necesidades pese a la creciente brecha digital. Siguen existiendo muchos factores precisos para la utilización de AAC, teniendo que destacar la importancia de modelos de diseño centrado en el paciente/persona. Cabe destacar el conocimiento de BCI no invasivas como sensores no portátiles que pueden promover el proceso de rehabilitación.</p>
<p>Update on How to Approach a Patient with Locked-In Syndrome and Their Communication Ability (44) Voity, Kaitlyn; et al. (2024)</p>	<p>Aumentar el conocimiento sobre cómo mejorar y gestionar la comunicación con los pacientes con LIS.</p>	<p>Revisión Bibliográfica de los cuales se usaron 88 artículos de las bases PUBMED y SCOPUS</p>	<p>Las BCI no invasivas representan una opción como método de comunicación con menos riesgos, aunque enfrentan desafíos relacionados con la detección e interpretación de señales, la usabilidad y la estandarización. Por otro lado, las BCI invasivas, como ECoG e interfaces intracorticales, ofrecen una conexión más directa y precisa entre las señales neuronales y los dispositivos externos, lo que posibilita una comunicación y un control avanzados. Aunque las ICC tienen un gran potencial, su uso es limitado en términos de asequibilidad, facilidad de uso, acceso y carga para los cuidadores.</p>
<p>Brain-Computer Interface: Advancement and Challenges. (45) M. F. Mridha; et al. (2021)</p>	<p>Investigar los nuevos desafíos a los que se enfrenta las BCI junto con la explicación de los elementos que conforman los sistemas de BCI. Se explican las tendencias presentes, pasadas y futuras.</p>	<p>Revisión bibliográfica, sobre el ámbito completo de las aplicaciones de BCI y las últimas investigaciones significativas.</p>	<p>Cabe destacar el análisis de características, clasificación, procedimientos, referentes a las BCI, los avances de investigación se logran por medio de 4 etapas: desarrollo científico primario, experimentación preclínica, investigación clínica y comercialización. Concluyendo que en la actualidad, la mayoría de las técnicas de BCI se encuentran en las fases preclínica y clínica.</p>

<p>Locked-in syndrome revisited. (3) Schnitzer, Laura; et al. (2023)</p>	<p>Ofrecer una visión general del LIS centrada en la fisiopatología, tratamiento, nuevas investigaciones, ética y calidad de vida. Informar y crear conciencia sobre este síndrome y contrarrestar los conceptos erróneos entre los profesionales sanitarios.</p>	<p>Revisión bibliográfica en MEDLINE/PUBMED, recopilando 441 resultados.</p>	<p>Se concuerda que el LiS es una patología rara que no todos los profesionales conocen, produciendo errores en el cuidado de dichos pacientes. Por ejemplo en una encuesta a nivel europeo, el 9% de médicos afirmaban que estos pacientes no sienten dolor, y un 30% de neurólogos alemanes afirmó que no tienen capacidad de expresar deseos. En esta revisión se demuestra que el fomento de la comunicación y el cuidado mejora la calidad de vida y el apoyo, no solo de pacientes sino también de cuidadores. Para esto se debe conocer el diagnóstico diferencial, y proporcionar un tto. adecuado, precoz e interdisciplinario.</p>
<p>Locked-In Syndrome: A Systematic Review of Long-Term Management and Prognosis (7) Halan, Taras; et al. (2021)</p>	<p>Investigar sobre las últimas evidencias acerca del pronóstico real del LIS, y el tratamiento de este.</p>	<p>Revisión sistemática usando el protocolo de Meta-Analysis of Observational Studies in Epidemiology, utilizando como principal base de datos PubMed.</p>	<p>Cabe destacar que la tasa de supervivencia es del 80% durante 10 años tras el inicio. La mayoría de los pacientes con LIS se vuelven dependientes de otros para llevar a cabo las AVD. Es por ello por lo que la rehabilitación multidisciplinar es la cuestión más importantes de la rehabilitación de LIS. En el contexto agudo, la intervención rápida es clave para el pronóstico a largo plazo. En el ámbito subagudo, es necesario tomar medidas agresivas con el habla, la capacidad física, la respiración y la deglución.</p>
<p>Semantic and BCI-performance in completely paralyzed patients: Possibility of language attrition in completely locked in syndrome. (46) Khalili Ardali, Majid; et al. (2019)</p>	<p>Investigar los efectos del contenido semántico presente en las oraciones dichas por los pacientes con LIS y su relación con el rendimiento de los sistemas de BCI con algoritmo Sí/No.</p>	<p>Estudio descriptivo transversal con un paciente donde las oraciones presentadas se clasifican en 6 categorías diferentes.</p>	<p>La investigación demuestra un claro sesgo en el dominio semántico relacionado con el rendimiento de las BCI. Estos resultados muestran que debe existir una mayor centralización en la comprensión y análisis del lenguaje para fomentar el uso de las BCI en el LIS, sobre todo en proyectos futuros.</p>

<p>The current state of electrocortigraphy-based brain-computer interfaces. (47) J Miller, Kai; et al. (2020)</p>	<p>Describir el estado actual de las BCI focalizándose en ECoG debido a la viabilidad clínica actual para favorecer en la comunicación.</p>	<p>Revisión bibliográfica</p>	<p>Las BCI terapéuticas se acercan a la viabilidad clínica para restaurar la comunicación perdida y la función motora en pacientes con ELA o tetraplejía.</p> <p>La tecnología BCI basada en ECoG también puede ser útil en el futuro para la rehabilitación cortical de pacientes que han sufrido una lesión cortical, como un accidente cerebrovascular, un traumatismo o un tumor resecado.</p>
<p>Locked-in Syndrome (4) M. Das, Joe; et al. (2024)</p>	<p>Profundizar sobre LIS, etiología, fisiopatología, diagnóstico, tratamiento, rehabilitación, describiendo las estrategias interprofesionales de actuación.</p>	<p>Libro</p>	<p>La terapia de rehabilitación posterior a la estabilización en forma de terapia del habla y fisioterapia se recomienda en las etapas subaguda y crónica.</p> <p>Se prueba la recuperación de parte de la función motora en los primeros meses después de la lesión, aumentando la funcionalidad, la posibilidad de resultados y la calidad de vida de los pacientes.</p> <p>También pueden beneficiarse de la tecnología asistida, como los sensores infrarrojos de movimiento ocular o las prótesis de voz moduladas por ordenador, para realizar un seguimiento adecuado de los resultados y la progresión durante la terapia, es decir las BCI.</p> <p>De forma genérica, la coordinación entre los proveedores, las enfermeras y los terapeutas responsables de la atención al paciente puede mejorar en gran medida los resultados en estos pacientes y reducir la demora en el diagnóstico formal, siendo una realidad plausible la cual no existe todavía.</p>
<p>Boosting brain-computer interfaces with functional electrical stimulation: potential applications in people with locked-in syndrome.</p>	<p>Investigar acerca del potencial de las BCI con FES para personas con LIS, analizando si la combinación de ambas promueve la</p>	<p>Revisión bibliográfica del estado del arte de BCI y estimulación eléctrica funcional o FES en pacientes con LIS.</p>	<p>Se demuestra que la combinación de BCI y FES en pacientes con LIS promueve la restauración de movimientos en pacientes con LIS. Se espera que por medio de estas investigaciones se pueda llegar a desarrollar herramientas novedosas de</p>

<p>(48) Canny, Evan; et al. (2023)</p>	<p>comunicación con dichos pacientes.</p>		<p>asistencia a la comunicación de pacientes con LIS. Cabe destacar la posibilidad de realizar una rehabilitación de movimientos faciales, siento un campo de investigación no trabajado todavía.</p>
<p>Brain-computer interfaces in neurorecovery and neurorehabilitation. (49) J Young, Michael; et al. (2021)</p>	<p>Profundizar e investigar el estado del arte de las BCI para restaurar y rehabilitar la función neurológica en pacientes con LIS, junto con los beneficios y desafíos de su uso.</p>	<p>Revisión bibliográfica sobre el campo de las BCI en el contexto de neurorrehabilitación y neuro recuperación. Se evalúan desafíos, beneficios y futuras utilidades de las BCI.</p>	<p>Se concluye que las BCI pueden restaurar capacidades neurológicas perdidas, así como favorecer plasticidad para el aprendizaje. Siendo la conclusión que destacar que los profesionales sanitarios que atienden a aquellos pacientes neurológicos participen de forma activa en la investigación del panorama actual de las BCI para saber detectar qué usar en cada paciente y cómo introducir al comienzo de rehabilitación en cada caso clínico.</p>
<p>Electroencephalogram based brain-computer interface: Applications, challenges, and opportunities. (50) Yadav, Hitesh; et al. (2023)</p>	<p>Profundizar en las características de las BCI híbridas, beneficios e inconvenientes como avance en pacientes con LIS.</p>	<p>Revisión bibliográfica sobre las BCI los problemas, hallazgos actuales junto con aplicaciones, desafíos y direcciones futuras.</p>	<p>Comparación de técnicas: el EEG nos da información neurológica siendo no invasivo ni efectos adversos de gran riesgo. Se ve limitado en que a veces no se encuentra la ubicación de la lesión ni es adecuado para rehabilitación con imágenes Los ECoG permiten una medición directa como baja relación señal- ruido, se percibe mejoría con respecto al EEG. Los electrodos solo pueden estar por un tiempo limitado. La MEG supone mucha más resolución que con solo EEG, pero es demasiado caro y realiza mucho ruido. La resonancia magnética funcional se mantiene por mayor temporalidad, los electrodos son muy sensibles y es muy caro. Mientras que las imágenes ópticas son fáciles de usar, y solo requiere el proceso de retirada. Es por esto, por lo que se deben contar los esfuerzos en diseñar dispositivos asequibles, no invasivos, portátiles y fáciles de entender.</p>

Tabla 7: Artículos referentes al papel de la enfermería. Fuente: Elaboración Propia

AUTORES / TÍTULO	OBJETIVO DEL ESTUDIO	METODOLOGÍA/ POBLACIÓN	RESULTADOS
Artificial Intelligence - based technologies in nursing: A scoping literature review of the evidence (51) Von Gerich, Hanna; et al. (2022)	Sintetizar el estado del arte de la investigación sobre las tecnologías basadas en inteligencia artificial aplicadas a la práctica de enfermería.	Revisión bibliográfica de alcance, se obtuvieron 7610 artículos y se revisan 93.	Esta revisión demuestra que la investigación sobre IA aplicable a la enfermería carece de una evaluación exhaustiva de los resultados, por ejemplo, a la calidad de la atención, la satisfacción del paciente, el impacto en la atención de enfermería, la carga del cuidador, el cumplimiento de las directrices profesionales o los aspectos económicos. Por lo tanto, falta una adecuada respuesta de la relevancia de las tecnologías de IA desarrolladas para la enfermería clínica. Los resultados de este estudio también confirman hallazgos previos que indican la escasez de enfermeras involucradas en el desarrollo de la IA.
Application Scenarios for Artificial Intelligence in Nursing Care: Rapid Review (52) Seibert, Kathrin; et al. (2021)	Sintetizar la literatura sobre los escenarios de aplicación de la IA en la atención de enfermería, destacando el discurso ético, legal y social que rodea al ámbito de cuidados de enfermería.	Revisión bibliográfica de artículos cuantitativos y cualitativos, revisiones, ensayos y documentos de discusión. Tras revisar títulos y resúmenes de 7016 publicaciones, se incluyeron finalmente 292.	Más de la mitad de las publicaciones se centraron en el procesamiento de imágenes y señales y un tercio en la planificación y programación automatizadas Sin embargo la evidencia refleja que se sabe poco sobre las perspectivas y experiencias de las enfermeras como parte activa en procesos de investigación de IA.
A Review of Neuronal Pathways with Implications for Nursing. (53) Mulkey, Malissa; et al. (2022)	Proporcionar conocimientos sobre vías neuronales y conciencia, centrándose en el proceso de identificación, evaluación y comunicación con pacientes con niveles fluctuantes de conciencia, destacando la figura de la enfermería para mantener una atención óptima de dichos pacientes.	Revisión de la literatura	Las enfermeras deben ser parte activa del equipo de profesionales comprendiendo las fluctuaciones en procesos neurodegenerativos donde se ve afectado el estado de conciencia. Siendo a su vez necesaria la continua actualización de los avances en la atención y cuidado para promover la comunicación con los pacientes. No solo se debe tener en cuenta la figura de la enfermería en la fase aguda de estabilización sino que también es la parte crónica de rehabilitación. “La conciencia no es todo o nada”

7. DISCUSIÓN

7.1. DIFERENTES USOS DE BCI

Dentro de las BCI no invasivas se encuentra la resonancia magnética funcional que estudia la respuesta hemodinámica ante la actividad neuronal y cómo traducir estos datos. J. Vansteensel, Mariska; et al. añaden el importante papel para el cambio de BCI no invasivas a invasivas, ya que permite realizar una investigación de aquellas áreas cerebrales más aptas para futuros implantes. Además añaden la posibilidad de verificar la conciencia residual como forma de diagnóstico de imagen (30).

Cabe destacar que para poder usar la fMRI J. Vansteensel, Mariska; et al. concuerda con Yadav, Hitesh; et al. en el elevado costo del imán usado, mencionando factores como el tamaño, la respuesta hemodinámica lenta, la sensibilidad de los electrodos; sin embargo, en hospitales destacan el fácil acceso y el menor entrenamiento que en otras herramientas, pudiendo llegarse a usar en fases agudas o en diagnóstico por imagen (30, 50).

Derivada de la fMRI, J. Vansteensel, Mariska; et al. habla de la espectroscopia funcional de infrarrojo cercano, la cual mide los niveles de oxihemoglobina y desoxihemoglobina en sangre, que varían según la actividad neuronal. Durante su investigación, describen su uso en pacientes con LIS, sobre todo mediante la estrategia de la imaginación de movimientos (30).

Es relevante resaltar de la misma investigación, que como herramienta, mencionan las ventajas de ser asequible, portátil y no invasivo; sin embargo, coincide que al igual que la fMRI, la velocidad de respuesta es lenta y los sensores de uso deben ser colocados con extrema precisión para obtener resultados precisos (30).

Yadav, Hitesh; et al., resaltan el EEG como una técnica destacada para interpretar los signos eléctricos cerebrales. Esto implica electrodos en el cuero cabelludo, utilizando bandas de frecuencia moduladas por tareas mentales o métodos como los potenciales evocados. Sin embargo, señalan limitaciones en la rehabilitación debido a la colocación de electrodos y la necesidad de un cuidador capacitado, que incluye el uso de gel conductor y limpieza adecuada (30, 50).

Mientras que, la primera investigación pone especial atención en características como: seguro, no invasivo y sin un costo excesivo. La segunda investigación resalta el gran potencial en su uso para futuras investigaciones dentro del campo de las BCI; sin embargo, ambos autores concuerdan en la falta de experimentación en LIS. (30).

Por último, brevemente mencionadas en ambas investigaciones se encuentra la magnetoencefalografía (MEG), en concreto Dash, Debadatta; et al. desarrollan su uso mediante experimentación en pacientes sanos, la cual funciona por el registro de campos

magnéticos generados por la actividad neuronal. Por otro lado, la tomografía por emisión de positrones (PET), la cual utiliza trazados radiactivos para mapear funciones metabólicas y fisiológicas focalizando en el cerebro (30, 40, 50).

Ahora bien, dentro de las invasivas J. Vansteensel, Mariska; et al. habla de las ECoG con electrodos implantados en la superficie cortical epidural o subdural e investigan mayoritariamente la capacidad funcional en pacientes epilépticos, extendiendo la población de estudio en la investigación de J Miller, Kai; et al. donde se promueve el uso de movimientos imaginados, control de cursores, decodificación del lenguaje, etc (30, 47).

De la mano, J. Vansteensel, Mariska; et al. describen en los implantes intracorticales, microelectrodos los cuales permiten a los pacientes un alto rango de usabilidad. Estos implantes registran la actividad de disparo neuronal, de forma que se le permite al usuario hacer uso de su capacidad de imaginación motora de una manera intuitiva, controlando así diferentes opciones como pantallas con cursores o con diálogo directo (30, 34).

M. Das, Joe; et al. concuerda con J. Vansteensel, Mariska; et al. en qué, a pesar del avance en herramientas para la comunicación y la independencia, coinciden también en que adaptar los dispositivos a las necesidades específicas de cada paciente, sigue siendo insuficiente debido a la escasa investigación y experimentación actual; destacando la importancia de los avances tecnológicos en términos de usabilidad (4, 30).

Referente a la usabilidad Khalili Ardali, Majid; et al. mencionan la importancia de analizar el dominio semántico a la hora de usar BCI, ya que puede determinar su implementación final (46). En otra investigación realizada, se desarrolla más a fondo la parte teórica alrededor del uso de la fMRI, la MEG o del EEG, los cuales aunque demuestran resultados positivos, coinciden en el hilo conector de la falta de experimentación adaptada a los pacientes (4, 41, 50).

Diferenciando del anterior, Annen, Jitka; et al. aportan la idea de los sistemas híbridos que complementen la comunicación de forma efectiva (41). De la mano, Voity, Kaitlyn; et al. demuestran que presentan menos riesgos, pero mayor necesidad de experimentación para fijar la precisión, mientras que las invasivas como ECoG, se presentan más exactas, destacando las limitaciones en entrenamiento para el uso, asequibilidad, carga en cuidadores o acceso (44).

Debido a esta falta de desarrollo adecuado de las herramientas, Koch Fager, Susan; et al. hablan de pacientes que no ven resueltas sus necesidades, viéndose profundamente deprimidos o frustrados, es por esto que se hace hincapié en los diseños centrados en el paciente, de forma que se pueda adaptar el proceso de rehabilitación al individuo (43). Usando

en esta investigación como ejemplo el comienzo con AAC, como sensores portátiles, para de esta forma empoderar al paciente (4, 43).

Aunque centrados en el LIS, cabe destacar la investigación de J. Mcfarland, Dennis; et al., con pacientes con ELA, continuamente mencionados, ya que se hace uso de las mismas herramientas pero en diferentes tiempos, ya que el paciente ELA, se entrena para las herramientas, antes de perder las capacidades en la mayor parte de los casos (42).

La mayoría de las investigaciones aportadas, destacan que las técnicas de BCI se encuentran en fases preclínicas, de forma que todavía son deficitarias (45), ya que en el LIS se debe incidir en un tratamiento precoz e interdisciplinario(3), Schnetzer, Laura; et al. encuestaron un grupo de neurólogos, el 9% afirmó que estos pacientes no sentían dolor y el 30% afirmó que no pueden expresar deseos, exponiendo su desconocimiento sobre el síndrome (3). Sin embargo, se afirma la importancia de las medidas de cuidado holístico en la etapa subaguda y crónica de la patología (4, 7).

Con todo lo expuesto se afirma por M. F. Mridha; et al., que la mayoría de las investigaciones de BCI encontradas concluyeron estar todavía en etapas preclínicas, aun siendo respuesta para los pacientes con LIS(45). Todavía se carece de una gestión adecuada y formación activa de los profesionales; aunque se demuestre una rehabilitación, restaurando la comunicación, la movilidad, e incluso movimientos faciales, como afirmaron Canny, Evan; et al., J Young, Michael; et al., Yadav, Hitesh; et al.; aun así no pudieron dar respuestas adecuadas por la falta de resultados concluyentes (48-50).

7.2. ¿EXISTE POSIBILIDAD DE REHABILITACIÓN CON BCI EN PACIENTES CON LIS?

Tras ver los diferentes usos de las BCI y el estado del arte dentro del panorama de investigación, caben destacar aquellos resultados de importancia en cuando a la posibilidad de rehabilitación, para de esta forma poder comprobar si se llega a conseguir un canal de comunicación efectivo.

En torno a la capacidad de recuperar funcionalidad en los pacientes con LIS, el estudio de Helle Walseth, Nilsen; et al. habla de 43 pacientes en Noruega de los cuales, 20 se consideraron LIS superados y 23 se mantuvieron en LIS incompleto. Demostrando así una capacidad real de rehabilitación mediante un seguimiento adecuado incluyendo a nivel domiciliario (31).

Ligados a estos factores externos, P. Branco, Mariana; et al. realizaron dos estudios centrados en el paciente con LIS complementarios donde el primero habla de las preferencias de comunicación mediante las BCI, concluyendo la conversación con computadora, personal,

directa y privada, mediante estrategias motoras de imaginación, potenciales evocados y siendo informados cuando alcanzan el estado de bloqueo clásico del síndrome (32).

Mientras que, el segundo estudio habla de los cuidadores que difieren en opiniones, siendo su conclusión la oposición de los cuidados en estas nuevas herramientas, debido al esfuerzo que supone no solo en el paciente, sino también en su entorno (33).

Por otro lado, McNair, Keara; et al. demuestran la capacidad de rehabilitación, siendo mejor pronóstico el LIS incompleto para obtención de mejores resultados. Un paciente consiguió su recuperación mediante un enfoque multidisciplinar, multisensorial y multimodal de los cuidados por medio de la IA para conseguir la comunicación efectiva y recuperación motora, llegando incluso a verbalizar su disfrute en el proceso del tratamiento (8, 35).

De forma complementaria Svernlind, Kajsa; et al. realizaron un estudio en Suecia, con 10 pacientes con LIS, todos consiguieron aprender el uso de una silla con ruedas, tableros y ciertos dispositivos informáticos de seguimiento ocular, distinguiéndose en la introducción del uso de un botón de emergencias (10).

De igual forma R. Lugo, Zulay; et al., realizaron una investigación de 5 pacientes con LIS, entrenados en BCI basadas en EEG; cabe destacar que todos los pacientes consiguieron realizar movimientos pasivos e intensos, en concreto, uno de los pacientes alcanzó un 71% de precisión en pasivos y 64% en intensos. Por tanto, existe eficacia real de la herramienta y depende en gran medida de factores externos al paciente. (36).

V Freudenburg, Zachary; et al., Verwoert, Maxime; et al., usaron ECoG defendiendo el empleo de tiras ECoG por sus resultados positivos en pacientes con LIS y epilepsia respectivamente. Por otro lado, Nagels-Coune, Laurien; et al. investigaron la fNRIS concluyendo una alta precisión en su uso, teniendo en cuenta las limitaciones y características de cada dispositivo. Sin embargo, los resultados más favorecedores fueron en el último estudio mediante una BCI no invasiva que con respecto a los dos primeros con ECoG (37-39).

Demostrando así que aunque en los estudios esclarecen la posibilidad real de rehabilitación mediante el uso de BCI, todavía se deben cuidar ciertos componentes que dificultan el avance en su investigación clínica.

7.3. PAPEL DE ENFERMERÍA EN TODO ESTE PROCESO

El análisis de los artículos, Von Gerich, Hanna; et al., Seibert, Kathrin; et al., Mulkey, Malissa; et al. coinciden en que la enfermería carece de una formación adecuada en la IA y por tanto, se produce una respuesta inadecuada en el cuidado a los pacientes, siendo en ocasiones inexistente la figura de la enfermería en las investigaciones, ya que no se involucra como parte del equipo (51-53).

Estos autores reflejan la falta de perspectiva aportada desde la enfermería en el proceso de tratamiento al paciente, cuando se demuestra que se debe formar un equipo interdisciplinar donde la enfermera realice el seguimiento desde el episodio agudo hasta el crónico, por lo que se debe remarcar la importancia de su parte de trabajo y cuidados (51-53).

Remarcar que según las 14 necesidades de Virginia Henderson y los 11 patrones de Dorothea Orem, el cuidado holístico, incluso en la comunicación, es función enfermera.

8. LIMITACIONES Y FORTALEZAS DEL TRABAJO

Uno de los condicionantes encontrados en esta revisión, ha sido la escasez de conclusión clara de la mayor parte de investigaciones por la falta de campo de experimentación y dificultad del campo de conocimiento; aunque se demuestra ser un tema de estudio importante, donde se dificulta dar respuesta final a las preguntas de investigación, obligando así a ampliar el campo de análisis.

A su vez, a pesar de la importancia de la enfermería en el cuidado integral, cabe destacar su falta de presencia en las investigaciones, lo cual afecta a la comprensión de las necesidades de los pacientes y la efectividad de las intervenciones propuestas.

Como aspectos positivos a destacar de la revisión, aún con la falta del papel de enfermería, se abren nuevas líneas de formación e investigación, promoviendo el aumento de la curiosidad en temáticas no tan conocidas.

9. CONCLUSIONES

- La implementación de la IA, a través de las BCI, se presenta como una herramienta prometedora para favorecer la comunicación con pacientes que padecen LIS, durante su proceso de rehabilitación.
- A pesar de que el pronóstico del LIS no es favorable en términos generales, se observa una mejoría en la rehabilitación física, y un porcentaje considerable de pacientes logran aprender a utilizar la comunicación visual con la ayuda de la IA. Esto sugiere que la implementación de tecnologías como las BCI puede tener un impacto positivo en la calidad de vida de los pacientes con LIS.
- Se destaca la importancia de un enfoque multidisciplinario en el tratamiento de pacientes con LIS, donde la enfermería juega un papel fundamental en el seguimiento y cuidado integral del paciente desde el episodio agudo hasta el crónico. La enfermería debe formar parte de un equipo interdisciplinario para garantizar una atención holística y centrada en las necesidades del paciente.
- A pesar de los avances en el uso de BCI y otras tecnologías para la comunicación con pacientes con LIS, se identifican limitaciones en la experimentación y adaptación de estas herramientas a las necesidades específicas de cada paciente. Se requiere continuar investigando y desarrollando tecnologías que sean efectivas y accesibles para mejorar la comunicación y la calidad de vida de los pacientes con LIS.
- Las BCI no solo se integran en la recuperación de los pacientes con LIS, sino que también se encuentra evidencia del uso e implementación en aquellos pacientes con ELA.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Plum F, Posner JB. The diagnosis of stupor and coma. *Contemp Neurol Ser.* 1972;10:1-286.
2. Laureys S, Pellas F, Van Eeckhout P, Ghorbel S, Schnakers C, Perrin F, et al. The locked-in syndrome : what is it like to be conscious but paralyzed and voiceless? *Prog Brain Res.* 2005;150:495-511.
3. Schnetzer L, McCoy M, Bergmann J, Kunz A, Leis S, Trinka E. Locked-in syndrome revisited. *Ther Adv Neurol Disord.* 2023 March 29;16:17562864231160873.
4. M Das J, Anosike K, Asuncion RMD. Locked-in Syndrome. In: *StatPearls.* Treasure Island (FL): StatPearls Publishing LLC; 2023.
5. Bauer G, Gerstenbrand F, Rimpl E. Varieties of the locked-in syndrome. *J Neurol.* 1979 August 01;221(2):77-91.
6. Seidl M, Golaszewski SM, Kunz AB, Nardone R, Bauer G, Trinka E, et al. The locked-in plus syndrome. *J Neurol Sci.* 2013;333:e263-4.
7. Halan T, Ortiz JF, Reddy D, Altamimi A, Ajibowo AO, Fabara SP. Locked-In Syndrome: A Systematic Review of Long-Term Management and Prognosis. *Cureus.* 2021 July 29;13(7):e16727.
8. Farr E, Altonji K, Harvey RL. Locked-In Syndrome: Practical Rehabilitation Management. *PM R.* 2021 December 01;13(12):1418-28.
9. Patterson JR, Grabois M. Locked-in syndrome: a review of 139 cases. *Stroke.* 1986 August 01;17(4):758-64.
10. Svernlung K, Tornbom M, Nordin A, Sunnerhagen KS. Locked-in syndrome in Sweden, an explorative study of persons who underwent rehabilitation: a cohort study. *BMJ Open.* 2019 April 20;9(4):e023185-023185.
11. Ortiz JF, Ruxmohan S, Saxena A, Morillo Cox A, Bashir F, Tambo W, et al. Minocycline and Magnesium As Neuroprotective Agents for Ischemic Stroke: A Systematic Review. *Cureus.* 2020 December 28;12(12):e12339.
12. Ortiz de Mendivil A, Alcalá-Galiano A, Ochoa M, Salvador E, Millan JM. Brainstem stroke: anatomy, clinical and radiological findings. *Semin Ultrasound CT MR.* 2013 April 01;34(2):131-41.
13. Cabezudo JM, Olabe J, Lopez-Anguera A, Bacci F. Recovery from locked-in syndrome after posttraumatic bilateral distal vertebral artery occlusion. *Surg Neurol.* 1986 February 01;25(2):185-90.
14. Odabasi Z, Kutukcu Y, Gokcil Z, Vural O, Yardim M. Traumatic basilar artery dissection causing locked-in syndrome. *Minim Invasive Neurosurg.* 1998 March 01;41(1):46-8.
15. Inci S, Ozgen T. Locked-in syndrome due to metastatic pontomedullary tumor--case report. *Neurol Med Chir (Tokyo).* 2003 October 01;43(10):497-500.
16. Habre W, Caflisch M, Chaves-Vischer V, Delavelle J, Haenggeli CA. Locked-in syndrome in an adolescent patient with pneumococcal meningitis. *Neuropediatrics.* 1996 December 01;27(6):323-5.

17. Mathais Q, Esnault P, Montcriol A, Gazzola S, Prunet B, Meaudre E. Locked-in syndrome following meningitis with brainstem abscess. *Rev Neurol (Paris)*. 2019 February 01;175(1-2):88-9.
18. Heckmann JG, Dinkel H. Recovery of locked-in syndrome in central pontine myelinolysis. *Am J Case Rep*. 2013 June 26;14:219-20.
19. Keme-Ebi IK, Asindi AA. Locked-in Syndrome in a Nigerian male with Multiple Sclerosis: a case report and literature review. *Pan Afr Med J*. 2008 October 30;1:4.
20. Medici C, Gonzalez G, Cerisola A, Scavone C. Locked-in syndrome in three children with Guillain-Barre syndrome. *Pediatr Neurol*. 2011 August 01;45(2):125-8.
21. Vansteensel MJ, Pels EGM, Bleichner MG, Branco MP, Denison T, Freudenburg ZV, et al. Fully Implanted Brain-Computer Interface in a Locked-In Patient with ALS. *N Engl J Med*. 2016 November 24;375(21):2060-6.
22. Stoll J, Chatelle C, Carter O, Koch C, Laureys S, Einhauser W. Pupil responses allow communication in locked-in syndrome patients. *Curr Biol*. 2013 August 05;23(15):647.
23. Doble JE, Haig AJ, Anderson C, Katz R. Impairment, activity, participation, life satisfaction, and survival in persons with locked-in syndrome for over a decade: follow-up on a previously reported cohort. *J Head Trauma Rehabil*. 2003 October 01;18(5):435-44.
24. Leon-Carrion J, van Eeckhout P, Dominguez-Morales MDR, Perez-Santamaria FJ. The locked-in syndrome: a syndrome looking for a therapy. *Brain Inj*. 2002 July 01;16(7):571-82.
25. Nikic PM, Jovanovic D, Paspalj D, Georgievski-Brkic B, Savic M. Clinical characteristics and outcome in the acute phase of ischemic locked-in syndrome: case series of twenty patients with ischemic LIS. *Eur Neurol*. 2013;69(4):207-12.
26. Palmieri RL. Unlocking the secrets of locked-in syndrome. *Nursing*. 2009 July 01;39(7):22-30.
27. Mauss-Clum N, Cole M, McCort T, Eifler D. Locked-in syndrome: a team approach. *J Neurosci Nurs*. 1991 October 01;23(5):273-85.
28. Robert N. How artificial intelligence is changing nursing. *Nurs Manage*. 2019 September 01;50(9):30-9.
29. Cobo Cano M, Lloret Iglesias L. *Inteligencia artificial y medicina*. 1ª.ed. ed. Madrid: CSIC; 2023.
30. Vansteensel MJ, Jarosiewicz B. Brain-computer interfaces for communication. *Handb Clin Neurol*. 2020;168:67-85.
31. Nilsen HW, Martinsen ACT, Johansen I, Kirkevold M, Sunnerhagen KS, Becker F. Demographic, Medical, and Clinical Characteristics of a Population-Based Sample of Patients With Long-lasting Locked-In Syndrome. *Neurology*. 2023 September 05;101(10):e1025-35.
32. Branco MP, Pels EGM, Sars RH, Aarnoutse EJ, Ramsey NF, Vansteensel MJ, et al. Brain-Computer Interfaces for Communication: Preferences of Individuals With Locked-in Syndrome. *Neurorehabil Neural Repair*. 2021 March 01;35(3):267-79.

33. Branco MP, Pels EGM, Nijboer F, Ramsey NF, Vansteensel MJ. Brain-Computer interfaces for communication: preferences of individuals with locked-in syndrome, caregivers and researchers. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2023 August 01;18(6):963-73.
34. Vansteensel MJ, Branco MP, Leinders S, Freudenburg ZF, Schippers A, Geukes SH, et al. Methodological Recommendations for Studies on the Daily Life Implementation of Implantable Communication-Brain-Computer Interfaces for Individuals With Locked-in Syndrome. *Neurorehabil Neural Repair*. 2022 November 01;36(10-11):666-77.
35. McNair K, Lutjen M, Langhamer K, Nieves J, Hreha K. Comprehensive, technology-based, team approach for a patient with locked-in syndrome: A case report of improved function & quality of life. *Assist Technol*. 2019;31(1):53-8.
36. Lugo ZR, Pokorny C, Pellas F, Noirhomme Q, Laureys S, Muller-Putz G, et al. Mental imagery for brain-computer interface control and communication in non-responsive individuals. *Ann Phys Rehabil Med*. 2020 January 01;63(1):21-7.
37. Verwoert M, Vansteensel MJ, Freudenburg ZV, Aarnoutse EJ, Leijten FSS, Ramsey NF, et al. Decoding four hand gestures with a single bipolar pair of electrocorticography electrodes. *J Neural Eng*. 2021 October 22;18(5):10.1088/1741,2552/ac2c9f.
38. Nagels-Coune L, Riecke L, Benitez-Andonegui A, Klinkhammer S, Goebel R, De Weerd P, et al. See, Hear, or Feel - to Speak: A Versatile Multiple-Choice Functional Near-Infrared Spectroscopy-Brain-Computer Interface Feasible With Visual, Auditory, or Tactile Instructions. *Front Hum Neurosci*. 2021 November 25;15:784522.
39. Freudenburg ZV, Branco MP, Leinders S, van der Vijgh, Benny H, Pels EGM, Denison T, et al. Sensorimotor ECoG Signal Features for BCI Control: A Comparison Between People With Locked-In Syndrome and Able-Bodied Controls. *Front Neurosci*. 2019 October 16;13:1058.
40. Dash D, Wisler A, Ferrari P, Davenport EM, Maldjian J, Wang J. MEG Sensor Selection for Neural Speech Decoding. *IEEE Access*. 2020;8:182320-37.
41. Annen J, Laureys S, Gosseries O. Brain-computer interfaces for consciousness assessment and communication in severely brain-injured patients. *Handb Clin Neurol*. 2020;168:137-52.
42. McFarland DJ. Brain-computer interfaces for amyotrophic lateral sclerosis. *Muscle Nerve*. 2020 June 01;61(6):702-7.
43. Koch Fager S, Fried-Oken M, Jakobs T, Beukelman DR. New and emerging access technologies for adults with complex communication needs and severe motor impairments: State of the science. *Augment Altern Commun*. 2019 March 01;35(1):13-25.
44. Voity K, Lopez T, Chan JP, Greenwald BD. Update on How to Approach a Patient with Locked-In Syndrome and Their Communication Ability. *Brain Sci*. 2024 January 17;14(1):92. doi: 10.3390/brainsci14010092.
45. Mridha MF, Das SC, Kabir MM, Lima AA, Islam MR, Watanobe Y. Brain-Computer Interface: Advancement and Challenges. *Sensors (Basel)*. 2021 August 26;21(17):5746. doi: 10.3390/s21175746.

46. Khalili Ardali M, Rana A, Purmohammad M, Birbaumer N, Chaudhary U. Semantic and BCI-performance in completely paralyzed patients: Possibility of language attrition in completely locked in syndrome. *Brain Lang.* 2019 July 01;194:93-7.
47. Miller KJ, Hermes D, Staff NP. The current state of electrocorticography-based brain-computer interfaces. *Neurosurg Focus.* 2020 July 01;49(1):E2.
48. Canny E, Vansteensel MJ, van der Salm, Sandra M A, Muller-Putz GR, Berezutskaya J. Boosting brain-computer interfaces with functional electrical stimulation: potential applications in people with locked-in syndrome. *J Neuroeng Rehabil.* 2023 November 18;20(1):157-y.
49. Young MJ, Lin DJ, Hochberg LR. Brain-Computer Interfaces in Neurorecovery and Neurorehabilitation. *Semin Neurol.* 2021 April 01;41(2):206-16.
50. Yadav H, Maini S. Electroencephalogram based brain-computer interface: Applications, challenges, and opportunities. *Multimed Tools Appl.* 2023 May 04:1-45.
51. von Gerich H, Moen H, Block LJ, Chu CH, DeForest H, Hobensack M, et al. Artificial Intelligence - based technologies in nursing: A scoping literature review of the evidence. *Int J Nurs Stud.* 2022 March 01;127:104153.
52. Seibert K, Domhoff D, Bruch D, Schulte-Althoff M, Furstenau D, Biessmann F, et al. Application Scenarios for Artificial Intelligence in Nursing Care: Rapid Review. *J Med Internet Res.* 2021 November 29;23(11):e26522.
53. Mulkey M, Everhart DE, Gencarelli A, Sorrell A, Kim S. A Review of Neuronal Pathways Associated With Consciousness. *J Neurosci Nurs.* 2021 February 01;53(1):39-43.