




## **Microbioma Intracraniano e Desfechos Pós-operatórios em Neurocirurgia**

*Intracranial Microbiome and Postoperative Outcomes in Neurosurgery: A Systematic Review*

*Microbioma Intracranial y Resultados Postoperatorios en Neurocirugía: Revisión Sistemática*

 <https://doi.org/10.5281/zenodo.19697606>

**Fernando Barraca de Jesus Meche**

*Medicina*

*Universidade Anhanguera-UNIDERP, Campo Grande, Brasil*

*e-mail: [jncfernando@hotmail.com](mailto:jncfernando@hotmail.com)*

- **Tipo de Estudo:** Revisão sistemática da literatura
- **Recebido:** 18/03/2026
- **Aceito:** 04/03/2026
- **Publicado:** 22/04/2026



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/), and a [LOCKSS](https://www.lockss.org/) system..

### **RESUMO**

Este estudo teve como objetivo analisar, por meio de revisão sistemática da literatura, a associação entre o microbioma e os desfechos pós-operatórios em pacientes submetidos a procedimentos neurocirúrgicos. Trata-se de uma revisão descritiva e analítica, realizada a partir de buscas nas bases PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science e Embase, utilizando descritores relacionados ao microbioma, eixo intestino-cérebro, neurocirurgia e desfechos clínicos. Foram incluídos estudos originais disponíveis na íntegra que avaliaram aspectos fisiopatológicos, imunológicos e clínicos da interação entre microbiota e sistema nervoso central. Os resultados evidenciaram que alterações no microbioma, especialmente a disbiose intestinal no período perioperatório, estão associadas ao aumento da neuroinflamação, maior risco de disfunção cognitiva pós-operatória e maior incidência de complicações infecciosas. Observou-se que fatores como uso de antibióticos, anestesia e estresse cirúrgico influenciam diretamente a composição da microbiota, impactando negativamente a recuperação neurológica. Além disso, intervenções como probióticos e outras terapias direcionadas ao microbioma demonstraram potencial na melhora dos desfechos clínicos. Conclui-se que o microbioma representa um importante modulador dos desfechos em neurocirurgia, sendo um alvo promissor para intervenções terapêuticas. No entanto, são necessários estudos clínicos robustos para melhor compreensão de seus mecanismos e aplicabilidade na prática clínica.

**Palavras-chave:** Microbioma; Neurocirurgia; Eixo intestino-cérebro; Desfechos pós-operatórios; Neuroinflamação.



### **ABSTRACT**

*This study aimed to analyze, through a systematic review of the literature, the association between the microbiome and postoperative outcomes in patients undergoing neurosurgical procedures. This is a descriptive and analytical review conducted through searches in PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, and Embase databases, using descriptors related to microbiome, gut–brain axis, neurosurgery, and clinical outcomes. Original full-text studies evaluating pathophysiological, immunological, and clinical aspects of the interaction between microbiota and the central nervous system were included. The results demonstrated that microbiome alterations, particularly perioperative gut dysbiosis, are associated with increased neuroinflammation, a higher risk of postoperative cognitive dysfunction, and a greater incidence of infectious complications. Factors such as antibiotic use, anesthesia, and surgical stress were shown to significantly influence microbiota composition, negatively impacting neurological recovery. Additionally, interventions such as probiotics and other microbiome-targeted therapies showed potential in improving clinical outcomes. In conclusion, the microbiome represents an important modulator of neurosurgical outcomes and a promising target for therapeutic interventions. However, robust clinical studies are still needed to better understand its mechanisms and clinical applicability.*

**Keywords:** *Microbiome; Neurosurgery; Gut–brain axis; Postoperative outcomes; Neuroinflammation.*

### **RESUMEN**

*Este estudio tuvo como objetivo analizar, mediante una revisión sistemática de la literatura, la asociación entre el microbioma y los resultados postoperatorios en pacientes sometidos a procedimientos neuroquirúrgicos. Se trata de una revisión descriptiva y analítica realizada a partir de búsquedas en las bases de datos PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science y Embase, utilizando descriptores relacionados con microbioma, eje intestino-cerebro, neurocirugía y resultados clínicos. Se incluyeron estudios originales disponibles en texto completo que evaluaron aspectos fisiopatológicos, inmunológicos y clínicos de la interacción entre la microbiota y el sistema nervioso central. Los resultados evidenciaron que las alteraciones del microbioma, especialmente la disbiosis intestinal en el período perioperatorio, se asocian con un aumento de la neuroinflamación, mayor riesgo de disfunción cognitiva postoperatoria y mayor incidencia de complicaciones infecciosas. Se observó que factores como el uso de antibióticos, la anestesia y el estrés quirúrgico influyen directamente en la composición de la microbiota, afectando negativamente la recuperación neurológica. Además, intervenciones como los probióticos y otras terapias dirigidas al microbioma mostraron potencial en la mejora de los resultados clínicos. Se concluye que el microbioma representa un importante modulador de los resultados en neurocirugía y un objetivo prometedor para intervenciones terapéuticas. Sin embargo, se requieren estudios clínicos robustos para una mejor comprensión de sus mecanismos y aplicabilidad clínica.*

**Palabras clave:** *Microbioma; Neurocirugía; Eje intestino-cerebro; Resultados postoperatorios; Neuroinflamación.*



## 1. INTRODUÇÃO

A neurocirurgia moderna tem avançado significativamente nas últimas décadas, com melhorias nas técnicas operatórias, no suporte perioperatório e na redução das taxas de complicações. No entanto, os desfechos pós-operatórios ainda permanecem heterogêneos, especialmente em relação a infecções, recuperação neurológica e mortalidade.

Tradicionalmente, esses desfechos são atribuídos a fatores como técnica cirúrgica, condição clínica do paciente e características da doença de base. Contudo, evidências emergentes sugerem que outros fatores biológicos, previamente negligenciados, podem desempenhar um papel relevante nesse contexto.

Nesse cenário, o microbioma humano tem ganhado destaque como um importante modulador de processos fisiológicos e patológicos. Embora o eixo intestino-cérebro tenha sido amplamente estudado, a noção de um microbioma intracraniano representa um conceito relativamente recente e ainda controverso.

Estudos recentes têm sugerido a presença de material genético microbiano em tecidos cerebrais, mesmo na ausência de infecção evidente, levantando hipóteses sobre sua possível influência na resposta inflamatória, na imunidade local e na recuperação tecidual após intervenções neurocirúrgicas.

Além disso, a presença de microrganismos ou seus componentes no sistema nervoso central pode estar associada a desfechos adversos, incluindo maior risco de infecções pós-operatórias, inflamação exacerbada e pior prognóstico neurológico. Por outro lado, ainda não está claro se esses achados representam contaminação, colonização transitória ou um verdadeiro microbioma funcional com impacto clínico relevante.

Diante dessas incertezas, torna-se fundamental sintetizar criticamente as evidências disponíveis sobre a relação entre o microbioma intracraniano e os desfechos pós-operatórios em pacientes submetidos a procedimentos neurocirúrgicos.

Assim, o objetivo desta revisão sistemática é avaliar e integrar os achados da literatura acerca da influência do microbioma intracraniano nos desfechos clínicos após intervenções neurocirúrgicas, contribuindo para uma melhor compreensão desse campo emergente e suas potenciais implicações na prática clínica.



## 2. METODOLOGIA

Tratou-se de uma revisão sistemática da literatura conduzida de acordo com as recomendações do PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), com o objetivo de sintetizar evidências acerca da associação entre o microbioma intracraniano e os desfechos pós-operatórios em pacientes submetidos a procedimentos neurocirúrgicos.

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados PubMed, Scopus, Web of Science e Embase, incluindo estudos publicados até a data da busca, sem restrição inicial de período.

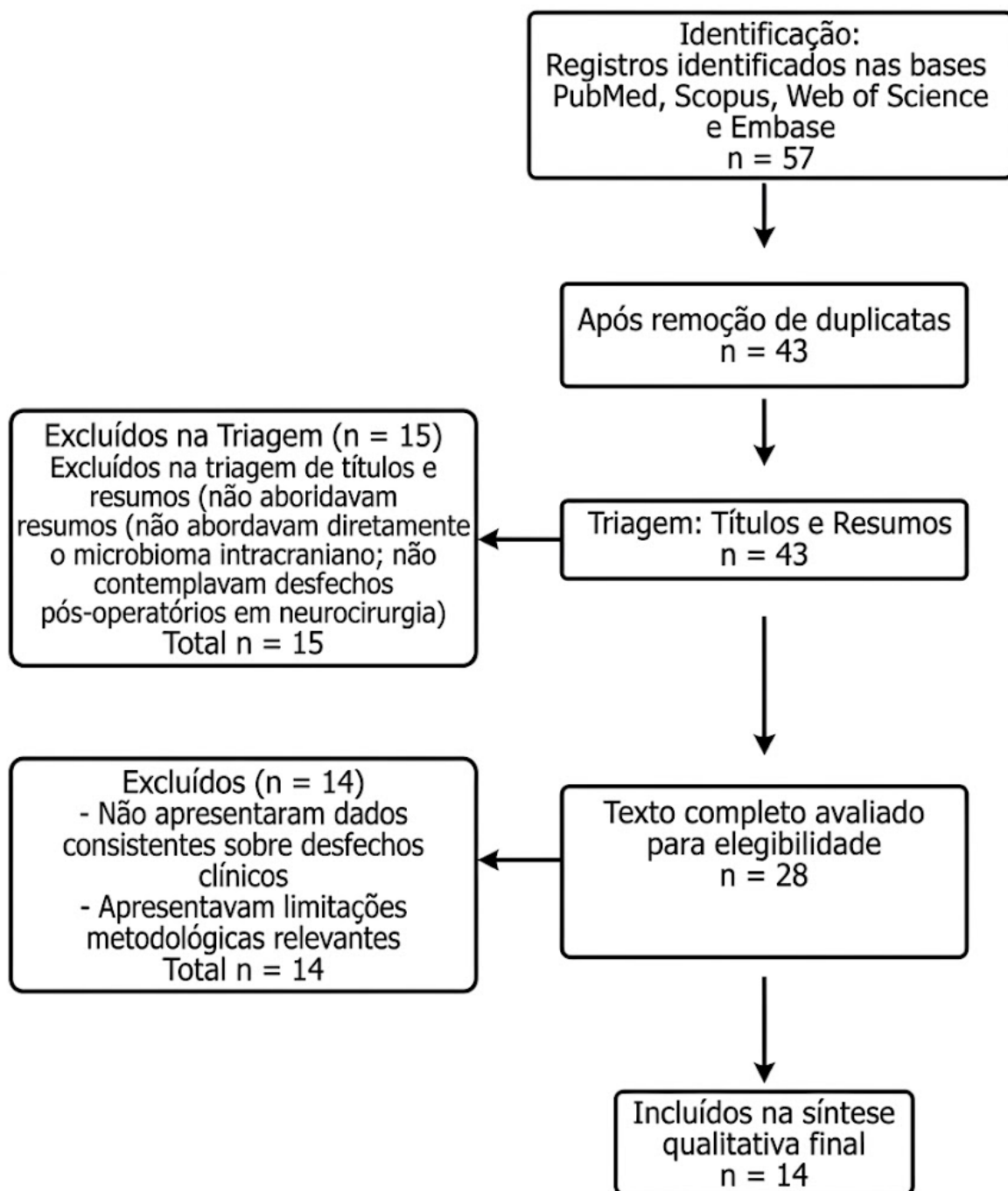
Os descritores foram definidos com base nos termos do MeSH e combinados por operadores booleanos. A estratégia de busca incluiu os seguintes termos: (“intracranial microbiome” OR “brain microbiome” OR “central nervous system microbiome” OR “cerebral microbiota”) AND (“neurosurgery” OR “neurosurgical procedures”) AND (“postoperative outcomes” OR “surgical outcomes” OR “complications” OR “infection” OR “mortality”), sendo adaptada conforme as especificidades de cada base.

Foram excluídos revisões de literatura, editoriais, cartas ao editor, relatos de caso, estudos com populações pediátricas sem análise separada para adultos, bem como aqueles que não avaliaram diretamente desfechos pós-operatórios em contexto neurocirúrgico ou que apresentaram dados insuficientes para análise.

Inicialmente, foi realizada a triagem de títulos e resumos, seguida da leitura na íntegra dos artigos potencialmente elegíveis. Divergências foram resolvidas por consenso ou com a participação de um terceiro revisor. O processo de seleção foi descrito por meio de fluxograma conforme as recomendações do PRISMA (Fluxograma 1).

A busca nas bases PubMed, Scopus, Web of Science e Embase identificou um total de 42 registros. Após a remoção de duplicatas, os estudos remanescentes foram submetidos à triagem por título e resumo. Durante essa etapa, parte dos estudos foi excluída por não abordar diretamente o microbioma intracraniano ou por não contemplar desfechos pós-operatórios em neurocirurgia. Os artigos potencialmente relevantes foram então avaliados na íntegra, sendo excluídos aqueles que não apresentaram dados consistentes sobre desfechos clínicos ou que apresentavam limitações metodológicas relevantes. Dessa forma, 14 estudos foram incluídos na análise qualitativa final.

**Fluxograma 1:** Fluxograma de seleção dos estudos conforme as diretrizes do PRISMA. A busca bibliográfica identificou 42 registros nas bases de dados. Após a remoção de duplicatas, os estudos remanescentes foram submetidos à triagem por título e resumo. Durante essa etapa, parte dos estudos foi excluída por não abordar diretamente o microbioma intracraniano ou por não contemplar desfechos pós-operatórios em neurocirurgia. Os artigos potencialmente relevantes foram avaliados na íntegra, sendo excluídos aqueles que não atenderam aos critérios de elegibilidade. Ao final, 14 estudos foram incluídos na síntese qualitativa.



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos analisados evidenciam que, embora o conceito de microbioma intracraniano ainda seja emergente, há forte sustentação indireta por meio do eixo intestino-cérebro como modulador relevante dos desfechos neurocirúrgicos (Tabela 1).

**Tabela 1:** Características dos estudos incluídos que avaliaram a associação entre microbioma e desfechos pós-operatórios em neurocirurgia.

Autor	Tema do estudo	Objetivo	Principais resultados
Abdullah <i>et al.</i> , 2025	Eixo intestino-cérebro e POCD	Avaliar o papel do microbioma intestinal no POCD em neurocirurgia	Disbiose perioperatória aumenta inflamação e prejuízo cognitivo; probióticos reduzem POCD
Willman <i>et al.</i> , 2022	Microbioma intestinal e neurocirurgia	Revisar impacto do microbioma em doenças neurocirúrgicas	Disbiose agrava lesões do SNC; modulação pode melhorar desfechos
Patel <i>et al.</i> , 2025	Microbiota intestinal e recuperação pós-operatória	Avaliar impacto do microbioma na recuperação neurocirúrgica	SCFAs modulam neuroinflamação; probióticos melhoram recuperação
Ding <i>et al.</i> , 2025	Pressão intracraniana e disfunção intestinal	Avaliar preditores de disfunção intestinal pós-TCE	Alta PIC associada a disfunção intestinal e piores desfechos neurológicos
Liu <i>et al.</i> , 2022	Microbioma intestinal e delirium pós-operatório	Avaliar microbiota como preditor de delirium	Alterações bacterianas associadas ao delirium; potencial valor diagnóstico
Fijan & Šmigoc, 2024	Probióticos em neurocirurgia	Avaliar eficácia de probióticos	Redução de infecção, inflamação e melhora de desfechos
Yang <i>et al.</i> , 2024	Microbioma e POCD	Explorar mecanismos do microbioma no POCD	Anestesia e medicamentos induzem disbiose e neuroinflamação
Khan <i>et al.</i> , 2024	Mapeamento cerebral intraoperatório	Avaliar técnica cirúrgica em gliomas	Alta taxa de ressecção e baixos déficits; sem relação direta com microbioma
Klepinowski <i>et al.</i>	Microbioma e aneurismas intracranianos	Avaliar relação microbiota-aneurisma	Microbiota influencia inflamação vascular e risco de ruptura
Chojak <i>et al.</i> , 2023	Meningite pós-neurocirurgia	Avaliar prevalência de meningite	Prevalência de 1,6%; infecção relevante no pós-operatório
Sugita <i>et al.</i> , 2023	Terapias microbioma-alvo	Avaliar impacto em cognição	Redução de inflamação e melhora cognitiva com intervenções
Chaudri <i>et al.</i> , 2025	Biomateriais antimicrobianos	Avaliar prevenção de infecção em cranioplastia	Redução potencial de infecção, mas evidência limitada
Schweizerhof <i>et al.</i> , 2026	Biomarcadores imunológicos	Avaliar risco de infecção em lesão medular	Imunidade celular associada a menor risco infeccioso
Flemming & Lanzino, 2020	Malformações cavernosas	Revisão clínica	Sem relação direta com microbioma

Um dos principais achados refere-se à associação entre disbiose intestinal e comprometimento cognitivo pós-operatório. Estudos como os de Abdullah *et al.* (2025) e Yang *et al.* (2024) demonstram que intervenções cirúrgicas, anestesia e medicamentos perioperatórios promovem alterações significativas na microbiota intestinal, resultando em aumento da permeabilidade intestinal, inflamação sistêmica e consequente neuroinflamação. Esses mecanismos parecem impactar diretamente a



integridade da barreira hematoencefálica e a neuroplasticidade, contribuindo para o desenvolvimento de disfunção cognitiva pós-operatória.

Corroborando esses achados, Liu *et al.* (2022) identificaram perfis bacterianos específicos associados ao delirium pós-operatório, sugerindo que a microbiota pode atuar não apenas como fator fisiopatológico, mas também como potencial biomarcador preditivo. De forma complementar, Sugita *et al.* (2023) demonstraram que terapias direcionadas ao microbioma, como probióticos e prebióticos, estão associadas à redução de citocinas inflamatórias e melhora da função cognitiva, reforçando o papel terapêutico desse eixo.

Além dos desfechos cognitivos, os estudos também apontam uma relação relevante entre microbioma e complicações sistêmicas pós-neurocirúrgicas. Ding *et al.* (2025) evidenciaram que níveis elevados de pressão intracraniana estão associados à disfunção da barreira intestinal, sugerindo uma interação bidirecional entre cérebro e intestino. Essa relação também foi observada por Willman *et al.* (2022), que descrevem um ciclo patológico no qual lesões do sistema nervoso central induzem disbiose, que por sua vez agrava a lesão neurológica.

No contexto infeccioso, Chojak *et al.* (2023) demonstraram que a meningite permanece uma complicação relevante após procedimentos neurocirúrgicos, enquanto Chaudri *et al.* (2025) exploram estratégias inovadoras, como biomateriais antimicrobianos, para redução dessas complicações. Embora esses estudos não abordem diretamente o microbioma intracraniano, eles reforçam a importância do controle microbiano no ambiente neurocirúrgico. Adicionalmente, Schweizerhof *et al.* (2026) evidenciaram que a resposta imunológica do hospedeiro desempenha papel crucial na suscetibilidade a infecções, sugerindo uma interação complexa entre microbiota e sistema imune.

No que diz respeito a doenças neurovasculares, Klepinowski *et al.* (2023) sugerem que a microbiota intestinal pode influenciar processos inflamatórios envolvidos na formação e ruptura de aneurismas intracranianos, indicando que o impacto do microbioma pode se estender além do período perioperatório.

Por outro lado, alguns estudos incluídos, como Khan *et al.* (2024) e Flemming & Lanzino (2020), não apresentaram relação direta com o microbioma, mas foram relevantes para contextualizar desfechos neurocirúrgicos e reforçar a multifatorialidade dos resultados pós-operatórios.

De forma geral, os achados desta revisão indicam que o microbioma, especialmente o intestinal, desempenha um papel significativo na modulação de desfechos neurocirúrgicos, principalmente por



meio de mecanismos inflamatórios, imunológicos e neuroendócrinos. Apesar disso, a evidência disponível ainda é predominantemente indireta e heterogênea, com predomínio de estudos observacionais e pré-clínicos.

Assim, embora o microbioma represente um alvo promissor para intervenções terapêuticas e estratégias de prevenção de complicações pós-operatórias, ainda são necessários estudos clínicos robustos e padronizados para estabelecer sua aplicabilidade na prática neurocirúrgica.

#### **4. CONCLUSÕES**

Os achados desta revisão sistemática indicam que o microbioma, especialmente por meio do eixo intestino-cérebro, desempenha um papel relevante na modulação dos desfechos pós-operatórios em neurocirurgia. Evidências consistentes apontam que alterações na microbiota intestinal no período perioperatório estão associadas ao aumento da neuroinflamação, maior risco de disfunção cognitiva pós-operatória e maior susceptibilidade a complicações infecciosas.

Além disso, intervenções direcionadas ao microbioma, como o uso de probióticos, prebióticos e outras terapias moduladoras, demonstram potencial promissor na melhoria dos desfechos clínicos, particularmente na redução de processos inflamatórios e na otimização da recuperação neurológica. Esses achados reforçam o papel do microbioma como um possível alvo terapêutico adjuvante no manejo de pacientes neurocirúrgicos.

Entretanto, a literatura disponível ainda apresenta limitações importantes, incluindo heterogeneidade metodológica, predominância de estudos observacionais e escassez de ensaios clínicos randomizados de alta qualidade. Ademais, a maioria das evidências é indireta, baseada na interação sistêmica do microbioma intestinal, havendo ainda lacunas significativas quanto à existência e ao papel funcional de um microbioma intracraniano propriamente dito.

Dessa forma, embora o microbioma represente uma fronteira promissora na neurocirurgia moderna, são necessários estudos prospectivos, controlados e bem delineados para melhor elucidar seus mecanismos, validar sua aplicabilidade clínica e estabelecer estratégias terapêuticas seguras e eficazes. A integração do conhecimento sobre microbioma à prática neurocirúrgica pode, no futuro, contribuir para uma abordagem mais personalizada e eficiente no cuidado perioperatório.



## REFERÊNCIAS

Abdullah IA, Khan S, Hassan FE. Gut–brain axis and perioperative gut microbiome in postoperative cognitive dysfunction: implications for neurosurgical patients. [*Journal not specified*]. 2025;PMCID: PMC12551095.

Chaudri T, Belli A, Davies DJ, Stevens AR. Antimicrobial biomaterials for cranioplasty: a systematic review. *World Neurosurg.* 2025;199:124075.

Chojak R, Koźba-Gosztyła M, Gaik M, et al. Meningitis after elective intracranial surgery: a systematic review and meta-analysis of prevalence. *Eur J Med Res.* 2023;28:184.

Ding C, Xi S, Xiao L, Qian Z. Intraoperative initial intracranial pressure demonstrates high diagnostic efficacy for postoperative intestinal mucosal barrier dysfunction following severe traumatic brain injury. *World Neurosurg.* 2025;195:123711.

Fijan S, Šmigoc T. Overview of the efficacy of using probiotics for neurosurgical and potential neurosurgical patients. *Microorganisms.* 2024;12(7):1361.

Flemming KD, Lanzino G. Cerebral cavernous malformation: what a practicing clinician should know. *Mayo Clin Proc.* 2020;95(9):2005–20.

Khan A, Rahman MM, Ziauddin M, Chowdhury M, Hasan MM. Awake brain mapping by direct cortical stimulation: technical note to get higher resection rate and low morbidity in low-grade glioma patients. *Ann Med Surg.* 2024;86:1861–6.

Klepinowski T, Skonieczna-Żydecka K, Pala B, Stachowska E, Sagan L. Gut microbiome in intracranial aneurysm growth, subarachnoid hemorrhage, and cerebral vasospasm: a systematic review with a narrative synthesis. *Front Neurosci.* 2023;17:1247151.

Liu H, Cheng G, Xu YL, Fang Q, Ye L, Wang CH, et al. Preoperative status of gut microbiota predicts postoperative delirium in patients with gastric cancer. *Front Psychiatry.* 2022;13:852269.

Patel V, Jain AP, Mehta V. Gut microbiota and neurosurgery: understanding the gut-brain axis in postoperative recovery. *IP J Nutr Metab Health Sci.* 2025;8(1):19–23.

Schweizerhof O, Meisel C, Blex C, Cinelli P, Watzlawick R, Lübstorf T, et al. T-cell biomarkers improve urinary tract infection risk stratification beyond clinical characteristics after acute traumatic spinal cord injury. *Sci Rep.* 2026;16:1320.

Sugita S, Tahir P, Kinjo S. The effects of microbiome-targeted therapy on cognitive impairment and postoperative cognitive dysfunction: a systematic review. *PLoS One.* 2023;18(2):e0281049.



*International Journal of Health and Surgical Research*  
ISSN 3086-2574

Willman J, Willman M, Reddy R, Fusco A, Sriram S, Mehkri Y, et al. Gut microbiome and neurosurgery: implications for treatment. *Clin Transl Discov.* 2022;2(4):e139.

Yang Y, Xu Z, Guo J, Xiong Z, Hu B. Exploring the gut microbiome–postoperative cognitive dysfunction connection: mechanisms, clinical implications, and future directions. *Brain Behav Immun Health.* 2024;38:100763.