

# DBS (DEEP BRAIN STIMULATION)

---

*Data de submissão: 20/01/2025*

*Data de aceite: 05/02/2025*

**Ana Beatriz Rezende Ribeiro**

Universidade Federal de Jataí (UFJ)  
<http://lattes.cnpq.br/7457317630032831>

**Sillas Bezerra da Silva**

Universidade Nove de Julho (UNINOVE)  
<http://lattes.cnpq.br/9761437559539946>

**Lia Mayra Miranda Santos**

Universidade Anhembi Morumbi  
<https://lattes.cnpq.br/9739484390394426>

**Louissa Srama Rosner Cidral**

Universidade Positivo  
<http://lattes.cnpq.br/5068287205578384>

**Tayná Martins Paris**

Universidade Federal de Jataí (UFJ)  
<http://lattes.cnpq.br/9714531357120411>

**José Mario de Souza Lessa**

Centro Universitário de Maceió (UNIMA)  
<http://lattes.cnpq.br/6294094661428722>

**Andressa Gomes Pereira**

Universidade de Itaúna  
<http://lattes.cnpq.br/4408508863307589>

**Paola Bruna Schneider**

Atitus Educação  
<http://lattes.cnpq.br/7467023630347512>

**Ivens Rafael Resplande de Sá**

Universidade de Fortaleza (UNIFOR)  
<http://lattes.cnpq.br/4830827127393003>

**Mariana Mota Alves**

Universidade Federal de Sergipe  
<http://lattes.cnpq.br/0351957904086870>

**Maria Flávia Faria**

Uninorte - Faculdade Barão de Rio Branco  
<http://lattes.cnpq.br/7524641543551044>

**Aline Rabelo Rodrigues**

Médica pela Universidade Federal de Jataí (UFJ)  
<http://lattes.cnpq.br/2590772917663860>

**Eduarda Velasco Venceslencio**

Universidade Federal de Jataí (UFJ)  
<http://lattes.cnpq.br/424314763421885>

**Victor Lucas de Oliveira Santos**

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)  
<http://lattes.cnpq.br/7091567684282821>

**Matheus Vinicius Guerrero de Souza**

Universidade Federal de São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/5331162380597098>

**Gabriel de Sá Ferreira**

Universidade Federal de Jataí - UFJ  
<https://lattes.cnpq.br/7762594225314742>

## INTRODUÇÃO

A estimulação cerebral profunda (*Deep Brain Stimulation* - DBS) é uma técnica neurocirúrgica que envolve a implantação de eletrodos em áreas específicas do cérebro, conectados a um dispositivo gerador de pulso implantado no peito ou abdomen. Este dispositivo envia impulsos elétricos que modulam a atividade neural, aliviando sintomas de diversas condições neurológicas e psiquiátricas. Originalmente desenvolvida como uma alternativa à lesão cerebral irreversível, a DBS oferece a vantagem de ser ajustável e reversível, permitindo uma abordagem personalizada e dinâmica ao tratamento (Dougherty, 2018).

Entre as principais indicações estão os distúrbios do movimento, como o tremor, a doença de Parkinson e as distonias (Dougherty, 2018). Nestes casos, a DBS pode proporcionar uma melhora significativa na qualidade de vida dos pacientes, reduzindo sintomas motores como tremores, rigidez e bradicinesia (Okun, 2012; Malek, 2019).

Além dos distúrbios do movimento, a DBS tem sido explorada em condições psiquiátricas e outras desordens neurológicas, como os transtornos obsessivo-compulsivo intratável (TOC) e depressivo maior (TDM), em que demonstrou resultados positivos em ensaios clínicos randomizados (Malek, 2019).

Diante disso, este capítulo abordará os fundamentos e aplicabilidades clínicas nas quais o DBS estaria indicado, expondo os riscos e benefícios de cada situação e proporcionando uma compreensão abrangente desta intervenção terapêutica.

## OBJETIVO

A Estimulação Cerebral Profunda (*Deep Brain Stimulation* - DBS) é uma intervenção neurológica de alta complexidade que tem se mostrado eficaz no auxílio e tratamento de diversas condições neurológicas. Desse modo, os objetivos deste artigo são revisar os mecanismos de ação da DBS, descrever suas principais indicações clínicas e resultados obtidos, detalhar os procedimentos técnicos de implantação dos dispositivos e avaliar sua eficácia e segurança com base em resultados clínicos. Ademais, objetiva-se discutir os desafios e limitações associados ao tratamento, explorar inovações na área, e abordar as implicações éticas e sociais do uso desta tecnologia, visando fornecer uma visão abrangente e atualizada que contribua para o avanço do conhecimento e da prática clínica na neurociência e neurocirurgia.

## MÉTODO

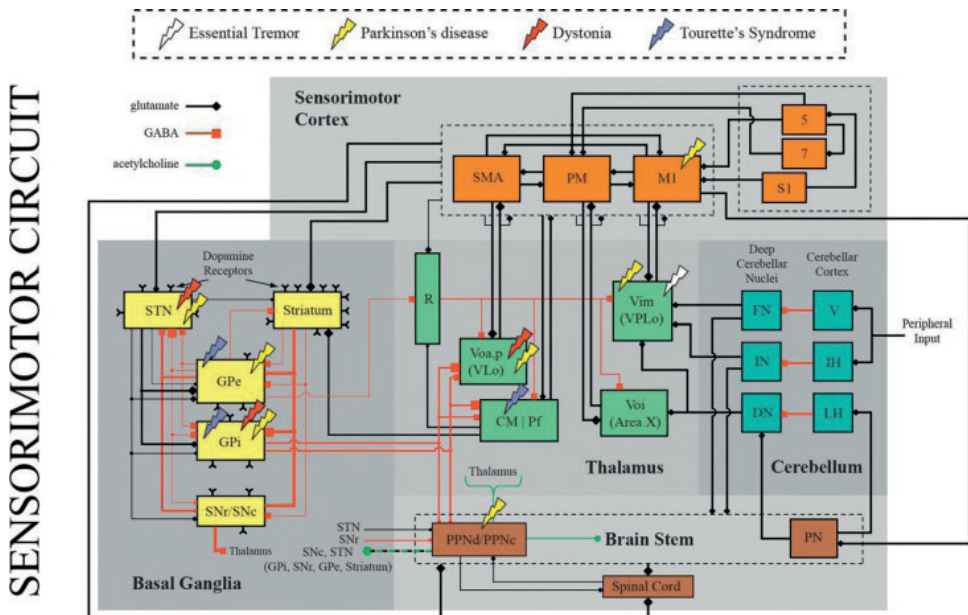
O presente estudo foi desenvolvido através de pesquisas bibliográficas no banco de dados PubMed, as palavras chaves aplicadas foram: Deep brain, Deep brain stimulation, DBS. O período delimitado para análise dos trabalhos utilizados é de 2012 a 2024.

## DBS EM DISTÚRBIOS DO MOVIMENTO

A estimulação cerebral profunda (ECP) tem sido usada no tratamento de pacientes com Doença de Parkinson (DP) que apresentam tremor, rigidez, acinesia, discinesias induzidas por levodopa (LIDs) e flutuações motoras, direcionando a terapia ao globo pálido interno (GPi) ou ao núcleo subtalâmico (STN). A eficácia clínica deste método é bem documentada por estudos de alta qualidade. Decidir entre o STN e o GPi como alvo da ECP é uma tarefa complexa, que exige a colaboração de uma equipe multidisciplinar para adaptar o tratamento a cada paciente. Pesquisas recentes sugerem que iniciar a estimulação do STN logo no início das flutuações motoras pode melhorar a qualidade de vida em comparação com o melhor tratamento médico disponível (LOZANO *et al.*, 2017).

## COMO FUNCIONA DBS EM DISTÚRBIOS DO MOVIMENTO

A estimulação cerebral profunda (ECP) é um tratamento cirúrgico bem estabelecido para distúrbios do movimento refratários a medicamentos, permitindo que as pessoas recuperem o controle de sua função motora (AGENESI *et al.*, 2013).



Representação esquemática das conexões dos gânglios da base-circuito tálamo-cortical Os alvos atualmente definidos para a terapia de estimulação cerebral profunda (ECP) são identificados na figura por raios. O alvo escolhido depende do distúrbio neurológico a ser tratado. As cores das linhas e as formas dos terminais representam o neurotransmissor primário envolvido na via de sinalização. As abreviações são as seguintes para o córtex (M1, córtex motor primário; PM, córtex pré-motor; SMA, área motora suplementar; S1, córtex somatossensorial primário), os gânglios da base (GPe, globo pálido pars externa; GPi, globo pálido pars interna; SNc, substância negra pars compacta; SNr, substância negra pars reticulata; STN, núcleo subtalâmico), o tálamo (CM, núcleo talâmico centromediano; Pf, núcleo parafascicular; R, formação reticular; Vim, ventrointermedius; VLo, ventralis lateralis pars oralis; Voa,p, ventro-oral anterior, posterior; Voi, ventro-oral interno VPLo, ventralis posterolateralis pars oralis), o cerebelo (DN, núcleo denteado; FN, núcleos fastigiais; IH, hemisfério intermediário do cerebelo; IN, núcleos interpostos). LH, hemisfério lateral do cerebelo; V, vermis) e tronco cerebral (PN, núcleo pontino; PPNc, núcleo pedunculopontino caudal; PPNd, núcleo pedunculopontino dorsal). (AGENESI et al., 2013)

A localização do eletrodo DBS é um fator-chave nos resultados pós-cirúrgicos e ressalta a importância de identificar e sondar com precisão as redes-alvo para resultados clínicos ideais. A ressonância magnética e o direcionamento baseado em alvo estereotáxico são usados para planejamento cirúrgico para identificar e posicionar o eletrodo na região-alvo pretendida. No intraoperatório, gravações de matriz de microeletrodos podem ser realizadas para identificar unidades individuais relacionadas ao movimento e mapear as bordas da região alvo, e imagens pós-operatórias são frequentemente usadas para confirmar a colocação dos eletrodos. Modelos computacionais de estimulação informados pela localização do eletrodo são frequentemente usados para relacionar a área de estimulação (por exemplo, volume de ativação do tecido) aos resultados do paciente e para definir o “ponto ideal” dentro das regiões cerebrais alvo. Considerando os efeitos de rede do DBS, modelos computacionais de ativação de fibras usando técnicas, como filtragem de fibras, identificam possíveis redes estruturais moduladas implicadas em resultados positivos do DBS (SANDOVAL et al., 2023).

Há um consenso crescente de que oscilações anormais da rede são a base da disfunção motora em distúrbios do movimento e certos sintomas de condições neuropsiquiátricas tratadas por DBS. Isso levou ao interesse em identificar biomarcadores baseados em rede da resposta clínica de DBS para verificar e orientar a seleção de parâmetros de estimulação terapêutica. Os avanços na tecnologia de DBS que permitem que pacientes implantados sejam submetidos a ressonância magnética de 1,5T ou 3T do cérebro inteiro durante a estimulação tornaram a fMRI uma técnica atraente para sondar os efeitos de DBS do cérebro inteiro no ambiente intraoperatório e pós-operatório (SANDOVAL et al., 2023).

O tempo de geração de imagens e o paradigma fMRI são as principais fontes de variabilidade dentro do campo. Os resultados são sensíveis aos efeitos agudos da estimulação, incluindo fenômenos de microlesões se realizados durante a cirurgia ou nas semanas seguintes, ou aos efeitos crônicos da estimulação se realizados após a otimização dos parâmetros do DBS. Os paradigmas do fMRI normalmente envolvem (1) estimulação contínua em ciclos por intervalos predeterminados durante o repouso ou (2) comparações entre repouso e desempenho da tarefa durante os estados ligado e desligado do DBS (SANDOVAL et al., 2023).

## **DISTÚRBIOS DO MOVIMENTO -HIPERCINÉTICO**

### **DBS para Coreia**

#### **O que é?**

A Estimulação Cerebral Profunda (DBS) é uma técnica neurocirúrgica utilizada para o tratamento de sintomas de coreia, caracterizados por movimentos involuntários, irregulares e rápidos, comuns em doenças como a Doença de Huntington e a Coreia de Sydenham. O procedimento envolve várias etapas, que descrevo a seguir.

Inicialmente, é realizada uma avaliação criteriosa para a seleção dos pacientes que podem se beneficiar da DBS. Pacientes com coreia que não respondem adequadamente aos tratamentos farmacológicos são submetidos a exames neurológicos detalhados, avaliações psiquiátricas e exames de imagem cerebral, como a ressonância magnética, para determinar se são candidatos apropriados para o procedimento. A implantação dos eletrodos é a etapa cirúrgica do processo. Os eletrodos são colocados em áreas específicas do cérebro que são responsáveis pelo controle dos movimentos involuntários. No caso dos pacientes com coreia, os alvos mais comuns são o globo pálido interno (GPi) ou o núcleo subtalâmico (STN). A escolha do alvo específico depende da condição subjacente e da apresentação clínica do paciente. Após a colocação dos eletrodos, eles são conectados a um gerador de pulsos que é implantado sob a pele, geralmente na região do peito. Este gerador envia impulsos elétricos aos eletrodos, modulando a atividade neuronal nas áreas alvo e ajudando a controlar os sintomas da coreia. A fase de programação e ajuste é crucial para o sucesso do tratamento. Após a cirurgia, o dispositivo é ativado e é ajustado para encontrar os parâmetros de estimulação mais eficazes. Esse processo pode levar várias semanas e requer consultas regulares com um neurologista especializado para otimizar a configuração do dispositivo. Finalmente, o paciente deve ser monitorado regularmente para avaliar a eficácia da DBS e realizar ajustes conforme necessário. A manutenção do dispositivo inclui a substituição periódica da bateria do gerador de pulsos.

A DBS pode proporcionar uma redução significativa dos movimentos involuntários em pacientes com coreia, melhorando sua qualidade de vida. No entanto, é importante

destacar que a resposta ao tratamento pode variar entre os indivíduos e que a DBS não cura a doença.

## COMO FUNCIONA DBS PARA COREIA

A DBS opera através da implantação de eletrodos em áreas específicas do cérebro, como o globo pálido interno (GPi) e o núcleo subtalâmico (STN). Estes eletrodos estão conectados a um dispositivo gerador de pulsos implantado no peito, que emite estímulos elétricos de alta frequência. Esses estímulos modulam a atividade neural anômala associada aos sintomas motores da coreia. Acredita-se que a estimulação de alta frequência iniba a atividade neuronal excessiva, enquanto pode excitar fibras nervosas específicas, contribuindo para a normalização dos padrões de disparo neuronal e a melhora dos sintomas motores (Florence et al., 2016; Elias et al., 2021).

### Procedimentos de Implantação

O processo de implantação da DBS envolve uma cuidadosa seleção de pacientes, mapeamento cerebral preciso e cirurgia. Durante a cirurgia, os eletrodos são posicionados em alvos cerebrais selecionados com a ajuda de técnicas avançadas de neuroimagem e mapeamento intraoperatório. A precisão na colocação dos eletrodos é crucial para maximizar os benefícios clínicos e minimizar os riscos. Após a cirurgia, o dispositivo é programado e ajustado para fornecer a estimulação adequada, o que pode requerer múltiplas sessões de ajuste para otimizar os parâmetros de estimulação (Vedam-Mai et al., 2016; Practical Neurology, 2022).

### Evidências Científicas e Resultados Clínicos

Estudos clínicos têm demonstrado a eficácia da DBS na redução dos movimentos involuntários associados à coreia. Em pacientes com Doença de Huntington, a estimulação do GPi tem mostrado reduzir significativamente os movimentos coreicos, embora os efeitos sobre outros sintomas, como a bradicinesia e a distonia, sejam variáveis (Vedam-Mai et al., 2016; Elias et al., 2021). Esses resultados sugerem que a DBS pode ser uma ferramenta valiosa para melhorar a qualidade de vida de pacientes com coreia severa, especialmente quando outros tratamentos falharam.

Um estudo conduzido por Elias et al. (2021) utilizou mapeamento probabilístico para melhorar a precisão da DBS, revelando que a modulação adequada dos circuitos neurais pode proporcionar uma melhora significativa nos sintomas motores. Além disso, Florence et al. (2016) discutem como a DBS afeta a conectividade cerebral, não apenas inibindo células, mas também modulando redes neuronais complexas.

## Avanços Tecnológicos

Os avanços em hardware e software têm melhorado a eficácia e a segurança da DBS. O desenvolvimento de baterias de longa duração e eletrodos segmentados permite uma estimulação mais precisa e ajustável. A telemedicina tem ampliado o acesso ao tratamento, permitindo ajustes de DBS à distância, o que é particularmente benéfico para pacientes em áreas remotas (Practical Neurology, 2022).

## TREMOR

A DBS bilateral no núcleo ventral intermediário (VIM) demonstrou ser eficiente na redução tanto do tremor essencial quanto do tremor parkinsoniano. Essa técnica tem mostrado eficácia a longo prazo no tratamento de tremores. No entanto, alguns pacientes podem desenvolver uma tolerância gradual à terapia (KALIA *et al.*, 2013).

## DISTONIAS

A DBS para tratamento de distonia, caracterizada por contrações musculares involuntárias, tem como alvo o GPi. Este método demonstrou ser eficaz no manejo de distonias primárias generalizadas ou segmentares. Em pacientes com distonias primárias, a DBS apresentou resultados clínicos positivos, especialmente em indivíduos com mutações DYT1. Pacientes sem a mutação DYT1 também mostraram benefícios, embora em menor grau. Além disso, a DBS mostrou eficácia em outros tipos de distonias, como mioclonia-distonias e discinesias tardia e/ou distonias (KALIA *et al.*, 2013).

## DISTÚRBIOS DO MOVIMENTO -HIPOCINÉTICO

### Na Doença de Parkinson

A Estimulação Cerebral Profunda (DBS), direcionada ao núcleo subtalâmico (STN) ou ao globo pálido interno (GPi), é particularmente eficaz no tratamento da doença de Parkinson em estágios intermediários a avançados. Os candidatos ideais para essa intervenção cirúrgica são pacientes que apresentam movimentos involuntários induzidos por medicamentos, mas que ainda respondem positivamente à levodopa. Após a cirurgia, esses pacientes geralmente experimentam uma melhora significativa nos sintomas motores, com benefícios que podem perdurar por muitos anos (KALIA *et al.*, 2013).

### DBS em psiquiatria

O uso de *Deep Brain Stimulation* em psiquiatria é uma modalidade nova e ainda em fase de testes. Sendo mais experimentada em casos de Depressão Refratária e Transtorno Obsessivo Compulsivo, o DBS ainda não é aprovado para o uso em transtornos

psiquiátricos como é na Doença de Parkinson. Nos Estados Unidos, o DBS só é aprovado para uso psiquiátrico em casos de TOC (SANDOVAL-PISTORIUS et al., 2023). Contudo, testes feitos em pacientes com outras doenças resistentes ao tratamento padrão têm sido promissores, trazendo a possibilidade de aumentar a quantidade de terapias efetivas nesses casos (LI et al., 2022).

O DBS é usado de forma experimental em pacientes com Transtorno Depressivo Refratário, os quais não experienciam melhora com outros tratamentos, como a terapia eletroconvulsiva (FIGEE et al., 2022). Nesses casos, os principais alvos são córtex cingulado subcaloso, relacionado ao humor negativo e ligado a áreas de processamento de emoção, e o núcleo Accumbens, relacionado com emoção, motivação e recompensa (SHETH; MAYBERG, 2023). Apesar de ter efeitos adversos, tratamentos com DBS em pacientes depressivos se mostrou seguro e efetivo (FIGEE et al., 2022).

Sendo a única doença psiquiátrica aprovada para o tratamento com DBS desde 2009 nos Estados Unidos, o Transtorno Obsessivo Compulsivo tem sido um dos transtornos mais estudados para o uso do dispositivo. Seu alvo principal é a perna anterior da cápsula interna e, além de diminuir sintomas comuns do TOC, também reduz episódios depressivos no paciente (SHETH; MAYBERG, 2023; GADOT et al., 2022).

Outras doenças psiquiátricas que não respondem a tratamentos padrão, como ansiedade refratária e anorexia nervosa, também tiveram experimentos feitos com DBS. No caso da anorexia, os testes foram promissores, com melhora nos sintomas de muitos pacientes, além da melhora no humor e episódios depressivos (LIPSMAN et al., 2017). Em teste com uso de DBS no hipotálamo, como no Transtorno do Estresse Pós-Traumático, o efeito também foi positivo (LI et al., 2022).

## CONCLUSÃO

Desordens neurológicas e psiquiátricas são em sua maioria quadros clínicos que cursam com um longo período de atividade de doença, assim como a presença de manifestações clínicas variáveis e em muito impactantes em atividades de vida diária. Diante disso, a manutenção da independência e qualidade de vida do paciente deve ser um dos pilares na estratégia terapêutica a ser adotada nesses casos. A neurocirurgia por meio das técnicas de estimulação cerebral profunda (DBS) apresenta abordagens alternativas e cada vez mais aplicáveis e benéficas para pacientes com distúrbios psiquiátricos e do movimento. O estímulo constante a produção e evolução das intervenções em saúde, imprescindível para o exercício da medicina baseada nas melhores evidências científicas disponíveis, traz a discussão acerca dos mecanismos da técnica, suas indicações e resultados como uma forma de ofertar o benefício máximo de uma indicação acertada aos pacientes. Assim, informações sobre aplicabilidade e limitações técnicas, riscos e benefícios associados, eficácia e segurança, bem como o



perfil dos pacientes possivelmente candidatos a realização da DBS se apresentam como cruciais para o processo de definição de conduta médica.

## REFERÊNCIAS

DOUGHERTY, D. D. Deep Brain Stimulation: Clinical Applications. **The Psychiatric Clinics of North America**, v. 41, n. 3, p. 385–394, 1 set. 2018.

OKUN, M. S. Deep-Brain Stimulation for Parkinson's Disease. **New England Journal of Medicine**, v. 367, n. 16, p. 1529–1538, 18 out. 2012.

MALEK, N. Deep Brain Stimulation in Parkinson's Disease. **Neurology India**, v. 67, n. 4, p. 968, 2019.

BILGE, M. T.; GOSAI, A. K.; WIDGE, A. S. Deep Brain Stimulation in Psychiatry. **Psychiatric Clinics of North America**, v. 41, n. 3, p. 373–383, set. 2018. LOZANO, A. M.; HUTCHISON, W. D.; KALIA, S. K. What Have We Learned About

Movement Disorders from Functional Neurosurgery? **Annu Rev Neurosci.**, v. 40, p. 453-477, 25 jul. 2017. DOI: 10.1146/annurev-neuro-070815-013906. PMID: 28772097.

### Referências DBS em psiquiatria

SANDOVAL-PISTORIUS, S. S. et al. Advances in Deep Brain Stimulation: From Mechanisms to Applications. **Journal of Neuroscience**, v. 43, n. 45, p. 7575–7586, 8 nov. 2023. (SANDOVAL-PISTORIUS et al., 2023)

LI, H.-T. et al. Hypothalamic deep brain stimulation as a strategy to manage anxiety disorders. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 119, n. 16, 11 abr. 2022.

FIGEE, M. et al. Deep Brain Stimulation for Depression. **Neurotherapeutics**, v. 19, n. 4, p. 1229–1245, jul. 2022. (FIGEE et al., 2022)

SHETH, S. A.; MAYBERG, H. S. Deep Brain Stimulation for Obsessive-Compulsive Disorder and Depression. **Annual Review of Neuroscience**, v. 46, n. 1, p. 341–358, 10 jul. 2023. (SHETH; MAYBERG, 2023)

GADOT, R. et al. Efficacy of deep brain stimulation for treatment-resistant obsessive-compulsive disorder: systematic review and meta-analysis. **Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry**, v. 93, n. 11, p. 1166–1173, 1 nov. 2022.

LIPSMAN, N. et al. Deep brain stimulation of the subcallosal cingulate for treatment-refractory anorexia nervosa: 1 year follow-up of an open-label trial. **The Lancet Psychiatry**, v. 4, n. 4, p. 285–294, abr. 2017.

Benabid, A. L., et al. (2009). "Deep brain stimulation for Parkinson's disease." *Movement Disorders*, 24(S1), S203-S212.

Vidailhet, M., et al. (2005). "Bilateral deep-brain stimulation of the globus pallidus in primary generalized dystonia." *New England Journal of Medicine*, 352(5), 459-467.

Münchau, A., & Bhatia, K. P. (2000). "Pharmacological treatment of dystonia and chorea." *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 68(6), 673-677.

Walker, R. H. (2007). "Deep brain stimulation for treatment of dystonia and chorea." *Neurotherapeutics*, 4(2), 199-207.

Foltynie, T., & Hariz, M. I. (2010). "Surgical management of Parkinson's disease." *Expert Review of Neurotherapeutics*, 10(6), 903-914.

Videnovic, A., & Metman, L. V. (2008). "Deep brain stimulation for Parkinson's disease: prevalence of adverse events and need for standardized reporting." *Movement Disorders*, 23(3), 343-349.

Florence, G., Sameshima, K., Fonoff, E. T., & Hamani, C. (2016). Deep brain stimulation: more complex than the inhibition of cells and excitation of fibers. *Neuroscientist*, 22(4), 332-345. DOI: [10.1177/1073858415591964](https://doi.org/10.1177/1073858415591964)

- Vedam-Mai, V., Martinez-Ramirez, D., Hilliard, J. D., et al. (2016). Post-mortem findings in Huntington's Deep Brain Stimulation: A moving Target due to Atrophy. *Tremor and Other Hyperkinetic Movements*, 6(0), 372. DOI: [10.5334/tohm.297](https://doi.org/10.5334/tohm.297)

- Elias, G. J. B., Boutet, A., Joel, S. E., et al. (2021). Probabilistic mapping of deep brain stimulation: Insights from 15 years of Therapy. *Annals of Neurology*, 89(3), 426-443. DOI: [10.1002/ana.25975](https://doi.org/10.1002/ana.25975)

- Practical Neurology. (2022). Movement Disorders Moment: Deep Brain Stimulation in Movement Disorders: Recent Advances and Future Directions. *Practical Neurology*. DOI: [10.1038/s41582-018-0128-2](https://www.practicalneurology.com/articles/2022-june/movement-disorders-moment-deep-brain-stimulation-in-movement-disorders-recent-advances-and-future-directions)

Kalia SK, Sankar T, Lozano AM. Deep brain stimulation for Parkinson's disease and other movement disorders. *Curr Opin Neurol*. 2013 Aug;26(4):374-80. doi: 10.1097/WCO.0b013e3283632d08. PMID: 23817213.

Agnesi, F., Johnson, MD, & Vitek, JL (2013). Estimulação cerebral profunda. *Estimulação cerebral*, 39-54. doi:10.1016/b978-0-444-53497-2.00004-8

Sandoval-Pistorius SS, Hacker ML, Waters AC, Wang J, Provenza NR, de Hemptinne C, Johnson KA, Morrison MA, Cernera S. Advances in Deep Brain Stimulation: From Mechanisms to Applications. *J Neurosci*. 2023 Nov 8;43(45):7575-7586. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1427-23.2023. PMID: 37940596; PMCID: PMC10634582