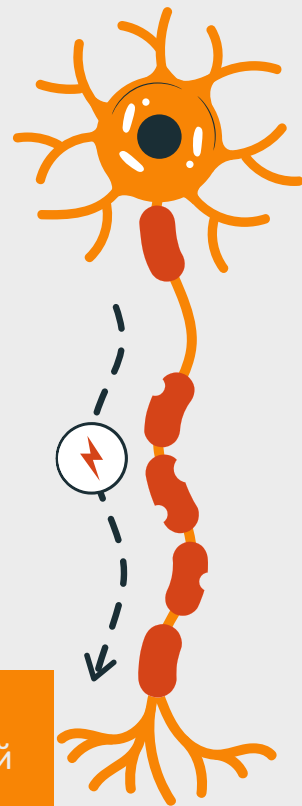


Международная научная конференция
«Фундаментальные и прикладные исследования в медицине»,
посвященная 65-летию ФГБНУ ВСИМЭИ
о. Ольхон, п. Хужир, 15-19 сентября 2025г.

Опыт применения транскраниальной магнитной стимуляции в реабилитации пациентов с невропатией

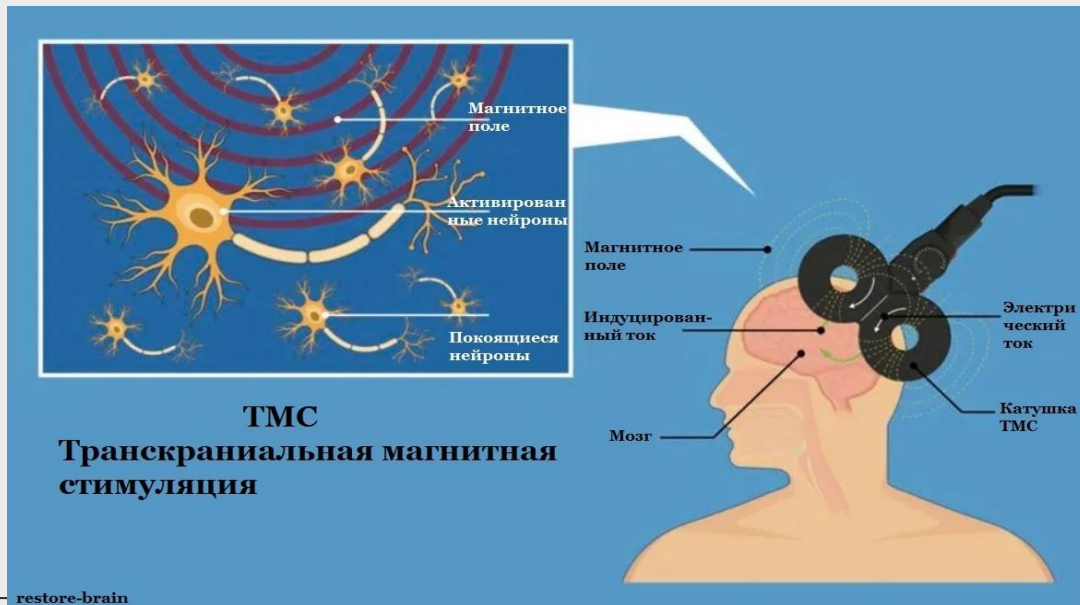
Ямщикова А.В., к.м.н., главный врач клиники НИИ КППЗ, врач-невролог, врач-функциональной диагностики, старший научный сотрудник лаборатории прикладной нейрофизиологии НИИ КППЗ, действующий член Российского общества специалистов по нервно-мышечным болезням, член Ассоциации специалистов по клинической нейрофизиологии



Транскраниальная магнитная стимуляция - ЭТО

(TMS, англ. Transcranial magnetic stimulation, TMS) — метод, позволяющий неинвазивно стимулировать кору головного мозга при помощи коротких магнитных импульсов.

Суть метода состоит в генерации электрических импульсов в клетках головного мозга посредством подачи на него магнитного переменного поля, которое в свою очередь генерируется в результате электрического, подаваемого на индукционную катушку.



Основа терапевтического эффекта ТМС

1. Синаптическая нейропластичность нейронов (усиление или ослабление нейронных связей):

потенциал действия, возникающий в нейроне под воздействием импульса ТМС, распространяется по аксону и способен через синапсы активизировать множество окружающих нейронов самых различных модальностей [Huerta P., Volpe T., 2009]. Поэтому под воздействием ТМС в мозге могут возникать эффекты как кратковременного возбуждения, так и торможения, причем любой стимул, вероятно, может вызывать оба эти эффекта в зависимости от своей интенсивности и продолжительности [Hallett M. , 2005]



Реакция на одноимпульсную ТМС зависит от области коры головного мозга, которая подвергается стимуляции. Например, стимуляция моторной коры вызывает сокращения мышц конечностей, а стимуляция первичной зрительной коры — вспышки света, когда глаза испытуемого закрыты (Червяков А.В. и др., 2015)

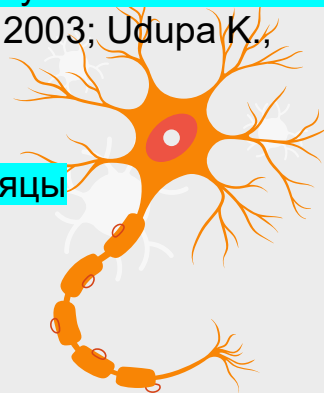
2. Способность влиять на выделение нейротрансмиттеров, а также на концентрацию гормонов в плазме крови

(стимуляция лобной коры с частотой 20Гц увеличивает выделение дофамина в гиппокампе - Keck M.E. et al, 2000;
изменение уровня выработки глутамата при стимуляции 20Гц DLPFC слева - Michael N. et al., 2003;
pTMS может приводить к кратковременному повышению уровня ТТГ, а подпороговая стимуляция приводила к снижению ТТГ и кортизола в плазме крови - Evers S., Hengst K., Pecuch P.W., 2001; George M.S. et al., 1996; Szuba M.P. et al., 2001)

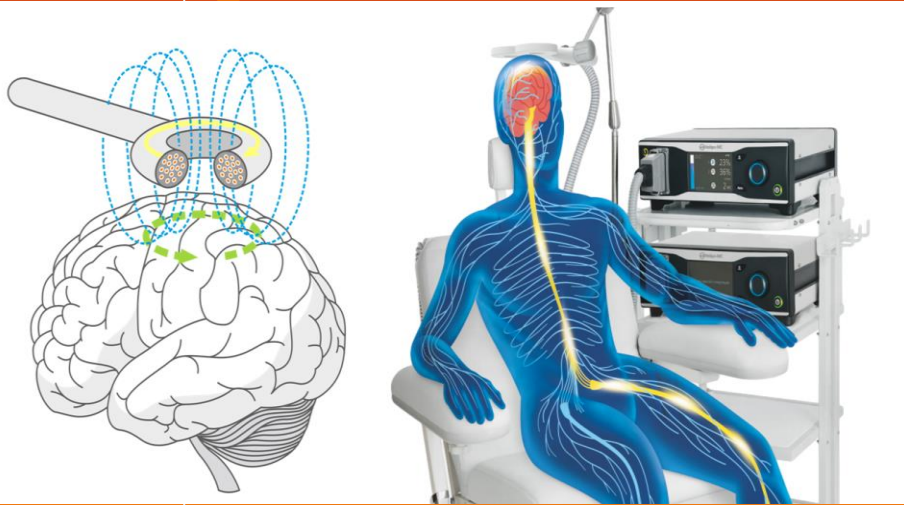
3. Ряд исследований показывают модулирующее влияние pTMS на иммунные механизмы, состояние вегетативной регуляции (Clow A., Lambert S., Evans P. et al., 2003; Udupa K., Sathyaprabha T.N., Thirthalli J. et al. , 2007)

4. Нейромодулирующий эффект pTMS сохраняется дни, недели и месяцы

- длительность эффекта связывают с механизмами долговременной потенциации или долгосрочной депрессией синаптических связей (Duffau, 2006; Purves, 2008)



Режимы рТМС:



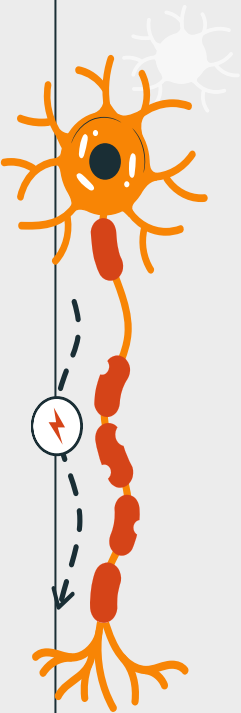
Существует два основных режима лечения рТМС:
низкочастотный рТМС - ниже 1 Гц
высокочастотный рТМС - выше 5 Гц.

Условно низкочастотная рТМС снижает возбудимость нейронов, в то время как высокочастотная рТМС повышает возбудимость коры головного мозга (Maeda et al., 2002).



Побочные эффекты рТМС:

1. Системные : тошнота, боль в мышцах, артралгии, эритема.
2. Психиатрические: тревога, плаксивость, суицидальные мысли, индуцированная мания.
3. Неврологические : боли в мышцах черепа, тики, головная боль, утомляемость, головокружение, когнитивные нарушения, нарушения слуха, индуцированные судорожные приступы.



Противопоказания ко всем видам ТМС:

- Беременность;
- Металлические имплантаты в теле, особенно в голове;
- Имплантированные водители ритма и другие электронные приспособления , управляющие функциями организма;
- Слуховые аппараты, кохлеарные импланты, импланты для глубокой стимуляции мозга;

В целом, рТМС считается безопасным методом при выполнении условий, определенных Международной группой экспертов по транскраниальной магнитной стимуляции (1998, 2009гг), которые включают в себя стратегию отбора пациентов и протоколов стимуляции (максимально допустимые параметры), а также обеспечение безопасности и мониторинга состояния пациента во время процедуры.

Риск провокации эпилептических приступов процедурой рТМС при соблюдении условий ничтожно мал.

Рекомендации по терапевтическому применению рТМС:

1. Уровень доказательности A
(определенно эффективно):



невропатическая боль, депрессия,
постинсультный парез (до 6 мес.)

2. Уровень доказательности B
(вероятно эффективно):

постинсультная афазия, фибромиалгия, болезнь
Паркинсона (моторная симптоматика,
депрессия), рассеянный склероз, ПТСР

3. Уровень доказательности C
(возможно эффективно):



КРБС1, постинсультный неглект-синдром,
фокальная эпилепсия, болезнь Альцгеймера,
ОКР, негативная симптоматика или
галлюцинации при шизофрении, тиннитус,
аддикция

Обзор литературы по применению ТМС в лечении периферических невропатий:

В Pubmed по запросу «ТМС» – только за последние 5 лет более 8 тыс. публикаций
В Elibrary всего 568.

Наибольшее количество зарубежных исследований касаются психиатрических патологий, депрессий, зависимостей.

Отечественные ученые чаще публикуют исследования эффективности ТМС при постинсультных состояниях, миелопатиях (в том числе травматических).

Randomized Controlled Trial > Nat Med. 2024 Feb;30(2):403-413.

doi: 10.1038/s41591-023-02764-z. Epub 2024 Jan 16.

Connectivity-guided intermittent theta burst versus repetitive transcranial magnetic stimulation for treatment-resistant depression: a randomized controlled trial

Richard Morris¹, Paul M Briley², Lucy Webster³, Mohamed Abdelghani⁴, Shaun Barber⁵

Peter Bates³, Cassandra Brookes⁵, Beth Hall⁶, Luke Ingram⁵, Michea Sudheer Lankappa³, Peter F Liddle², R Hamish McAllister-Williams⁸, Stefan Pszczolkowski², Ana Suazo Di Paola⁵, Yvette Walters⁵, Dorothy

Affiliations + expand

PMID: 38228914 PMCID: PMC10878976 DOI: 10.1038/s41591-023-02764-z

eLIBRARY ID: 50756873

EDN: GCFTTQ

DOI: 10.24412/

ТРАНСКРАНИАЛЬНАЯ МАГНИТНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ ПРИ ДЕГЕНЕРАТИВНОЙ ШЕЙНОЙ МИЕЛОПАТИИ: ВОЗМОЖНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

ДМУХОВСКИЙ Д.В.¹, СУПОНЕВА Н.А.¹, ПОЙДАШЕВА А.Г.¹, БАКУЛИН И.С.¹, ГУЩА А.О.¹, ПИРАДОВ М.А.¹

¹ ФГБНУ "Научный центр неврологии"

Тип: статья в журнале - научная статья Язык: русский

Номер: 1 Год: 2023 Страницы: 15-22

Review > Neurotherapeutics. 2021 Apr;18(2):827-844. doi: 10.1007/s13311-021-01046-1.

Epub 2021 Apr 12.

Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation as a Therapeutic and Probe in Schizophrenia: Examining the Role of Neuroimaging and Future Directions

Stephen J Brandt¹, Halimah Y Oral¹, Carla Arellano-Bravo¹, Martin H Plawewski¹, Tom A Hummer¹, Michael M Francis²

eLIBRARY ID: 80335647

EDN: BBZXP

DOI: 10.24412/2226-0757-2024-13186

ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ ТРАНСКРАНИАЛЬНАЯ МАГНИТНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ ПРИ СПИНАЛЬНОЙ СПАСТИЧНОСТИ: МЕХАНИЗМЫ, ДОКАЗАТЕЛЬНАЯ БАЗА, ПЕРСПЕКТИВЫ

БАКУЛИН И.С.¹, ПОЙДАШЕВА А.Г.¹, СУПОНЕВА Н.А.¹, ПИРАДОВ М.А.¹

¹ ФГБНУ "Научный центр неврологии", Москва

Тип: статья в журнале - научная статья Язык: русский

Номер: 4 Год: 2024 Страницы: 3-13

BRARY ID: 59500341

EDN: DPFKEY

DOI: 10.24412/2226-0757-2023-13043

ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ ТРАНСКРАНИАЛЬНАЯ МАГНИТНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ ПРИ ПОСТИНСУЛЬТНЫХ ДВИГАТЕЛЬНЫХ НАРУШЕНИЯХ: ВАЖНОСТЬ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПОДХОДА

ПОЙДАШЕВА А.Г.¹, БАКУЛИН И.С.¹, ЗАБИРОВА А.Х.¹, КИРИЧЕНКО О.А.¹, СУПОНЕВА Н.А.¹, ПИРАДОВ М.А.¹

¹ ФГБНУ "Научный центр неврологии"

Тип: статья в журнале - научная статья Язык: русский

Номер: 4 Год: 2023 Страницы: 29-34

analysis > Biol Psychiatry Cogn Neurosci Neuroimaging. 2023 Nov;8(11):1145-1155. 6/j.bpsc.2023.06.003. Epub 2023 Jun 19.

Meta-analysis of Transcranial Magnetic Stimulation in Obsessive-Compulsive Disorder

Elizabeth R Steuber¹, Joseph F McGuire²

Affiliations + expand

PMID: 37343662 DOI: 10.1016/j.bpsc.2023.06.003

ТМС при нейропатиях

> SAGE Open Med. 2023 Oct 29;11:20503121231209088. doi: 10.1177/20503121231209088. eCollection 2023.

Repetitive transcranial magnetic stimulation for chemotherapy-induced peripheral neuropathy in multiple myeloma: A pilot study

Zhenzhuang Yan ^{1 2}, Weiwei Cao ^{1 2}, Lei Miao ^{2 3}, Juan Li ^{2 4}, Hui Wang ^{2 3}, Dandan Xu ^{1 2}, H.

AI **Randomized Controlled Trial** > Pain Physician. 2022 Mar;25(6):611-617. doi: 10.1002/pain.15111. Epub 2022 Mar 1. PMID: 35322973

Short-term Effect of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation on Diabetic Peripheral Neuropathic Pain

Seoyon Yang ¹, Sang Gyu Kwa

Affiliations + expand
PMID: 35322973

Review > Neural Regen Res. 2021 May;16(5):955-962. doi: 10.4103/1673-5374.297062.

Prospects for the application of transcranial magnetic stimulation in diabetic neuropathy

Xi Xu ¹, Dong-Sher > J Clin Neurosci. 2020 Mar;73:101-107. doi: 10.1016/j.jocn.2020.01.020. Epub 2020 Feb 10. PMID: 32063448

Pilot study of repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with chemotherapy-induced peripheral neuropathy

Yuko Goto ¹, Koichi Hosomi ², Toshio Shimokawa ³, Takeshi Shimizu ⁴, Kiyoshi Yoshino ⁵, Seung Jin Kim ⁶, Tomoo Mano ⁷, Haruhiko Kishima ⁸, Youichi Saitoh ⁹

Affiliations + expand
PMID: 32063448 DOI: 10.1016/j.jocn.2020.01.020

РИТМИЧЕСКАЯ ТРАНСКРАНИАЛЬНАЯ МАГНИТНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ В ТЕРАПИИ НЕЙРОПАТИЧЕСКОЙ БОЛИ, СОПРОВОЖДАЮЩЕЙСЯ КОМОРБИДНОЙ ДЕПРЕССИЕЙ: ОБЗОР ЭФФЕКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛЕЧЕБНЫХ ПРОТОКОЛОВ

АСТАФЬЕВА Д.С. ¹, ВЛАСОВ Я.В. ¹, СТРЕЛЬНИК А.И. ¹, ЧИГАРЕВА О.В. ¹, МАРКИНА Е.А. ¹, ШИШКОВСКАЯ Т.И. ², СМЕРНОВА Д.А. ¹, ГАЙДУК А.Я. ^{1,3}

¹ ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России
² ФГБНУ «Научный центр психического здоровья»
³ Научно-исследовательский институт организации здравоохранения и медицинского менеджмента Департамента здравоохранения города Москвы

Тип: статья в журнале - научная статья Язык: русский
Том: 13 Номер: 2 Год: 2023 Страницы: 20-30

Мартынов И.Д., Ямщикова А.В., Флейшман А.Н., Петровский С.А.

Эффективность транскраниальной магнитной стимуляции в лечении профессиональной полинейропатии

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», 654 Новокузнецк, Россия

Собственный опыт применения ТМС при невропатиях

ТМС при профессиональной полиневропатии



ТМС правой префронтальной зоны коры проведена:

36 работникам угледобывающих предприятий Кузбасса с установленным диагнозом «полинейропатия верхних конечностей», средний возраст $50,2 \pm 3,7$ года, средний стаж работы – $23,4 \pm 3,5$ года.

Оценка:

- ЭНМГ – усредненная скорость распространения возбуждения по сенсорным волокнам срединных и локтевых нервов - сСРВ, м/с;
- Вариабельность ритма сердца – мощность колебаний в диапазонах VLF , LF, HF, $\text{мс}^2/\text{Гц}$;
- ЭЭГ – индекс альфа-ритма в отведениях О1-О2, %.

ТМС проводилась в низкочастотном режиме 1 Гц – в течение 5 мин, т.е. 350 импульсов на сеанс, всего 10 сеансов.

Электрофизиологические показатели до и после курса транскраниальной магнитной стимуляции дорсолатеральной зоны префронтальной коры у обследованных лиц с полинейропатией (n = 47), Me (Q1–Q3)



Показатель	доТМС	После ТМС
сCPB, м/с	46.9 (43.3–48.7)	52.0 (45.4–51.3)*
VLF, мс ² /Гц	30.4 (10.3–55.3)	76.8 (25.3–132.5)*
LF, мс ² /Гц	10.1 (7.9–12.8)	13.7 (8.9–14.8)
HF, мс ² /Гц	1,5 (0.3–4.7)	2.4 (0.9–7.5)*
Индекс альфа-ритма, %	22.4 (12.7–29.3)	46.7 (37.4–55.2)*

Примечание. * – статистически значимое различие показателей до и после воздействия по критерию Уилкоксона (при $p < 0,05$)



ТМС при диабетической полиневропатии

ТМС правой префронтальной зоны коры проведена:

25 пациентам с установленным диагнозом «Диабетическая полинейропатия нижних конечностей», средний возраст $63,94 \pm 7,8$ лет, стаж диабета 2 типа $15,3 \pm 5,7$ лет.

Оценка:

ВАШ – степень выраженности болевого синдрома;

Глюкоза крови – измеренная домашним глюкометром, ммоль/л

ЭНМГ – усредненная скорость распространения возбуждения по сенсорным волокнам малоберцовых и икроножных нервов - сСРВ, м/с; усредненная амплитуда сенсорных ответов Ас, мкВ

Вариабельность ритма сердца – мощность колебаний в диапазонах VLF , LF, HF, $\text{мс}^2/\text{Гц}$;

ТМС проводилась в низкочастотном режиме 1 Гц – в течение 5 мин, т.е. 350 импульсов на сеанс, всего 10 сеансов.

Клинические, лабораторные и нейрофизиологические показатели у пациентов с диабетической ПНП до и после курса ТМС DLPFC справа

показатель	До ТМС	После ТМС
ВАШ, б.	6 (5-7)	5 (4-6)*
Глюкоза крови, ммоль/л	10,55 (9,6-14,4)	10,2 (8,4-12,6)*
сСРВ, м/с	41 (39-45,1)	42 (40-45,5)
Ас, мкВ	3 (2,4-4,05)	4 (2,8-5,6)
VLF, мс ² /Гц	40,5 (29-61,3)	68,3 (32-78)*
LF, мс ² /Гц	4,2 (2,4-7,9)	3,9 (2,5-7,6)
HF, мс ² /Гц	4,16 (2,4-7,3)	5,2 (2,3-9,3)*

Примечание: * – статистически значимое различие показателей до и после воздействия по критерию Уилкоксона (при $p < 0,05$)

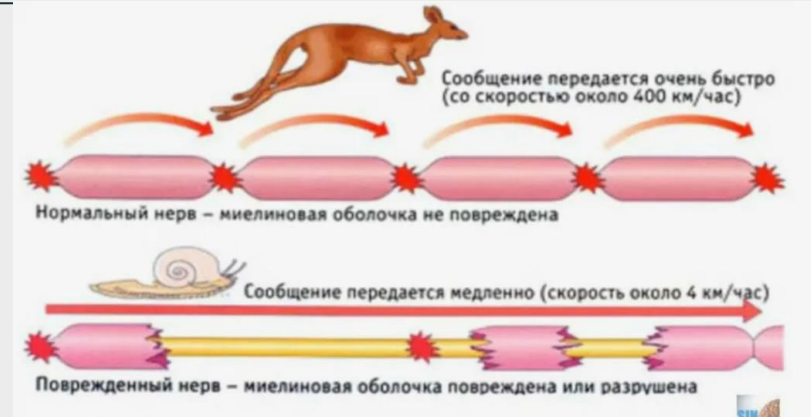


Выводы:

рТМС

– способствует улучшению проведения по периферическим нервам

(Zhenzhuang Yan et al., 2023;
Sherafat et al., 2012)



- влияет на вегетативную нервную систему:
уменьшение симпатического тонуса, в том
числе в результате усиления
надсегментарного
контроля вегетативного обеспечения
(Yao Wang et al., 2016 ;
Hanall Lee et al., 2023)



- **уменьшает выраженность болевого синдрома и повышает качество жизни**

(Gustin et al., 2014, Antonino et al. 2016, De et al., 2019)

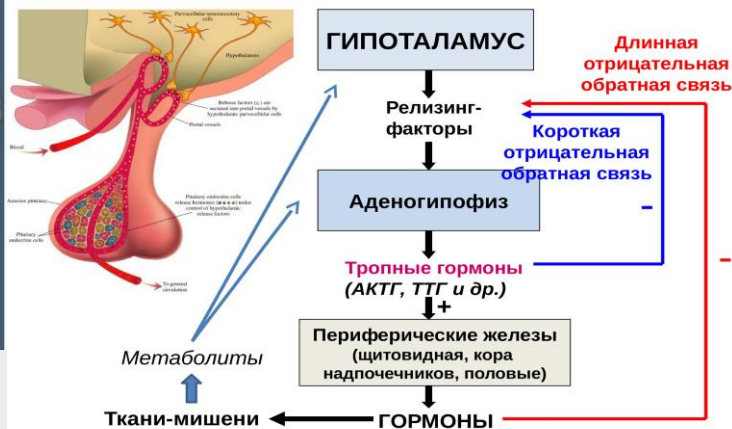




- оказывает положительное влияние на обменные процессы

(Беньков А.А. с соавт., 2022;
Weicong Ren с соавт., 2017)

ГИПОТАЛАМО-ГИПОФИЗАРНАЯ СИСТЕМА





способствует гармонизации процессов возбуждения-торможения в коре головного мозга, что проявляется увеличением индекса представленности альфа-ритма в задних кортикальных отведениях на электроэнцефалограмме у пациентов с профессиональной полиневропатией, не вызывая при этом появления очаговых и epileptiformных изменений



Благодарю за внимание!

