IV МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС
МЕДИЦИНСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ:
НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И КЛИНИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

Черепно-мозговые травмы в спорте. Нейрофизиологические аспекты реабилитации

Дидур Михаил Дмитриевич,
Чередниченко Д.В., Курникова М.В.

19-20 МАРТА 2025 ГОДА

«SILENT EPIDEMIC» – ТИХАЯ ЭПИДЕМИЯ

- 1000 на каждые 100000 населения Земли
- 70 млн. человек ежегодно
- 4 млн.человек ежегодно в США - ЧМТ связанные со спортом (70% младше 19 лет)
- 2 млн.детей в США ежегодно СГМ, связанные со спортом

Эпидемиология
Профилактика
Диагностика

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

Лечение
Реабилитация
Последствия

Экипировка
SCAT-5
SCAT-6

СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА

СУБКОНТУЗИОННАЯ ТРАВМА ГОЛОВЫ

СГМ - наиболее лёгкая клиническая форма диффузного транзиторного повреждения мозга, в основе которого лежат **метаболические, ионные, нейротрансмиттерные нарушения и нейровоспаление**, при отсутствии видимых изменений на КТ

Вид спорта	Частота ЧМТ на 1000 игровых часов	Доля в травматизме, %	Обязателен шлем	Эффективен для снижения ЧМТ
Регби	4,1-6,9	5-15	НЕТ	НЕТ
Американский футбол	0,5-5,3	5	ДА	Неубедительно
Футбол	0,06-1,08	3	НЕТ	НЕТ
Хоккей на льду	0,2-6,5	2-19	ДА + защитные маски	Неубедительно
Велоспорт	1,3-9,1 2-TDF		Зависит от страны	ДА

1. Benson BW, et al. What are the most effective risk reduction strategies in sport concussion? From protective equipment to policy. Br J Sports Med. 2013;47:321–6.
2. McIntosh AS, et al. Sports helmets now and in the future. Br J Sports Med. 2011;45:1258–65

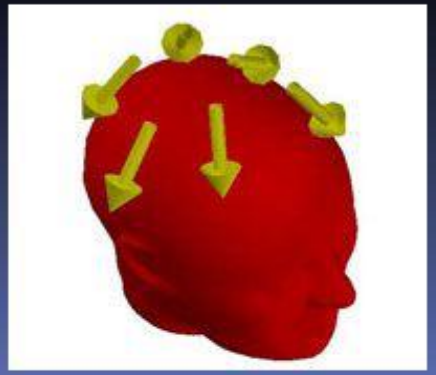
Head Impact Telemetry System

HITS is a wireless monitoring system used to identify hits capable of producing an injury.

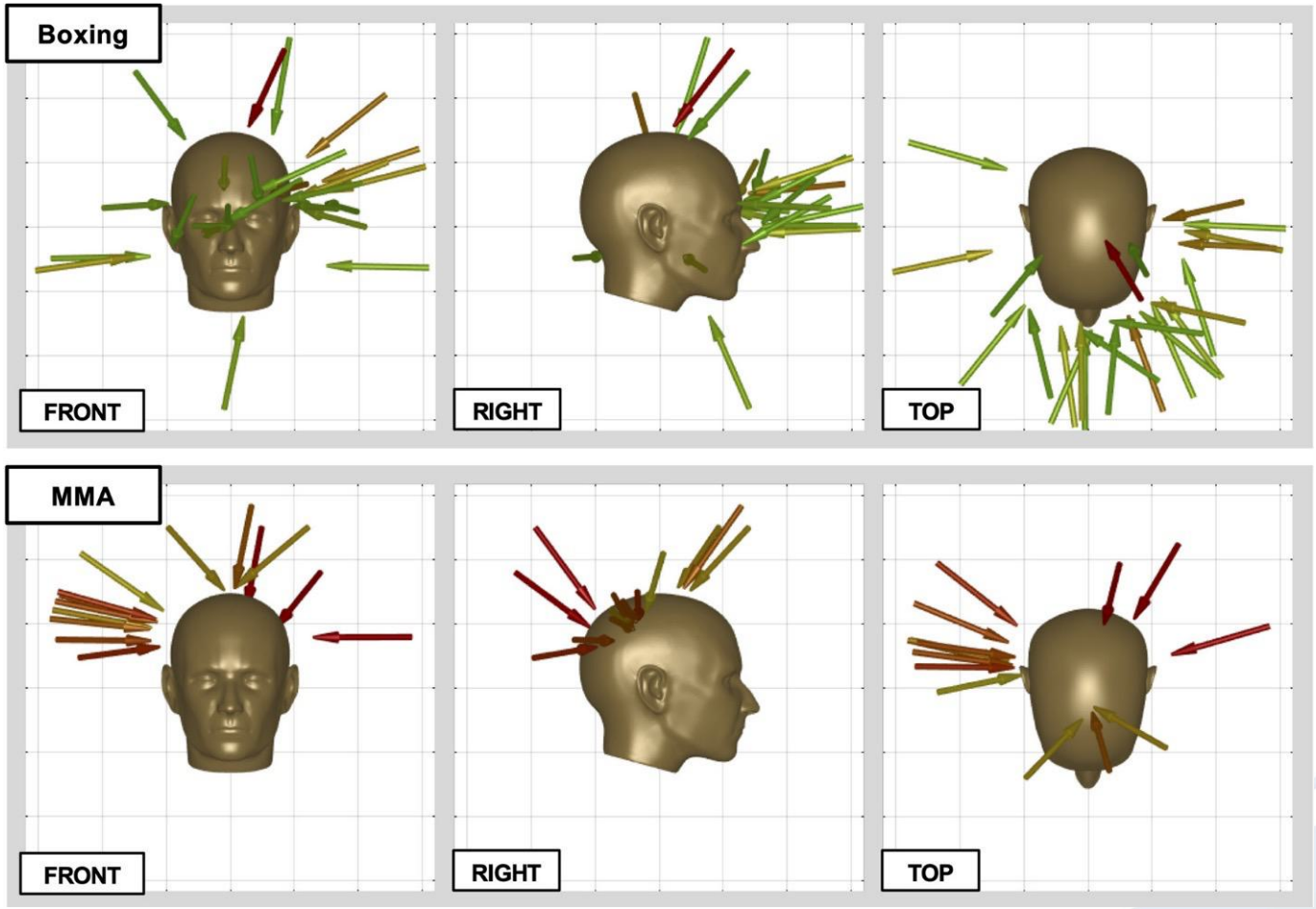
Helmets equipped with HITS look and function the same as other helmets

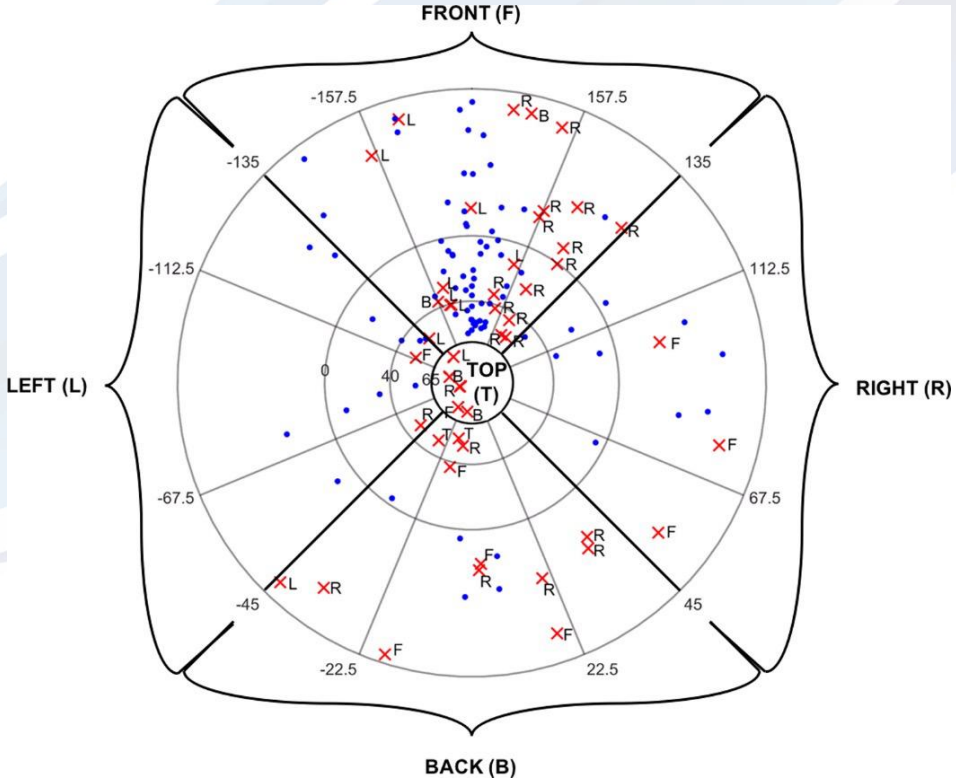
Accurately identifies the location to ± .41 cm

Impacts 15 g or greater are recorded



Head Impact Telemetry System





ПРОТОКОЛ SCAT5

МЕХАНИЗМ ОЦЕНКИ СОТРЯСЕНИЯ МОЗГА В СПОРТЕ – 5-е ИЗДАНИЕ
РАЗРАБОТАН РАБОЧЕЙ ГРУППОЙ,
ЗАНИМАЮЩЕЙСЯ ВОПРОСАМИ СОТРЯСЕНИЯ МОЗГА В СПОРТЕ
ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ МЕДИЦИНСКИМ ПЕРСОНАЛОМ

При поддержке

IIHF FIFA WORLD RUGBY FEI

https://fhr.ru/upload/iblock/881/Protokol-SCAT-5.pdf

ПРОТОКОЛ ДЕТСКИЙ SCAT5

МЕХАНИЗМ ОЦЕНКИ СОТРЯСЕНИЯ МОЗГА В СПОРТЕ – 5-е ИЗДАНИЕ
ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ДЕТЕЙ ОТ 5 ДО 12 ЛЕТ
ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ МЕДИЦИНСКИМ ПЕРСОНАЛОМ

При поддержке

IIHF FIFA WORLD RUGBY FEI

https://fhr.ru/upload/iblock/5e1/Detskiy-protokol-SCAT-5.pdf

БЕЗОТЛАГАТЕЛЬНЫЙ ОСМОТР НА МЕСТЕ ПОЛУЧЕНИЯ ТРАВМЫ

При оценке состояния спортсменов с подозрением на сотрясение головного мозга необходимо уделить внимание следующим признакам до нейрокогнитивного осмотра. В идеале оценка должна быть проведена на месте получения травмы после оказания первой медицинской помощи/ первой неотложной помощи.

При наличии любого показателя риска или видимых признаков в результате прямого или касательного удара в голову, спортсмена необходимо срочно и аккуратно эвакуировать с ледовой площадки/ вывести из игры для осмотра врачом или лицензированным медицинским работником.

Решение о транспортировке в медицинское учреждение принимается врачом или лицензированным медицинским работником.

Шкала комы Глазго (ШКГ) – важный стандарт, применяемый ко всем пациентам, и может проводиться несколько раз в случае ухудшения состояния сознания. При безотлагательном осмотре необходимо уделить внимание осмотру шейного отдела позвоночника и задать вопросы Мэддока. Однако, нет необходимости повторять эти процедуры несколько раз.

ШАГ 1. ПОКАЗАТЕЛИ РИСКА

ПОКАЗАТЕЛИ РИСКА:

- Боль или чувствительность в области шеи
- Двойное зрение
- Слабость или покалывание/ жжение в руках и ногах
- Сильная или усиливающаяся головная боль
- Спазмы или судороги
- Потеря сознания
- Ухудшение состояния сознания
- Рвота
- Возрастающее беспокойство, возбуждение, агрессивность

ШАГ 2. ВИДИМЫЕ ПРИЗНАКИ

Был свидетелем ☐ Увидел на видео ☐

Лежит без движения на игровой поверхности	Да	Нет
Неуверенная походка/ дисбаланс/ моторная несогласованность: спотыкание, замедленные, затрудненные движения	Да	Нет
Дезориентация или частичная потеря ориентации, или невозможность дать правильные ответы на вопросы	Да	Нет
Бессмысленный или отсутствующий взгляд	Да	Нет
Лицевые повреждения в результате травмы головы	Да	Нет

ШАГ 3. ОЦЕНКА ПАМЯТИ. ВОПРОСЫ МЭДДОКА[2]

Я собираюсь задать тебе несколько вопросов, пожалуйста, отдавай внимательно и постарайся изо всех сил. Сначала, расскажи мне, что случилось?

_____

_____

Отметьте «Да» при правильном ответе, и «Нет» при неверном ответе

На какой арене мы сегодня находимся?	Да	Нет
Какая половина матча идет сейчас?	Да	Нет
Кто забил последнюю шайбу в этом матче?	Да	Нет
Против какой команды ты играл на прошлой неделе/ провел прошлый матч?	Да	Нет
Твоя команда выиграла последний матч?	Да	Нет

Примечание: Вопросы, специфические для каждого вида спорта, могут быть изменены.

ФИО: _____
Дата рождения: _____
Адрес: _____
Номер паспорта: _____
Врач, проводящий осмотр: _____
Дата: _____

ШАГ 4. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПО ШКАЛЕ КОМЫ ГЛАЗГО (ШКГ)

Время осмотра			
Дата осмотра			
Открывание глаз (E)			
Отсутствует	1	1	1
Как реакция на болевое раздражение	2	2	2
Как реакция на вербальный стимул	3	3	3
Произвольное	4	4	4
Речевая реакция (V)			
Отсутствие речи	1	1	1
Нечленораздельные звуки	2	2	2
Ответ по смыслу не соответствует вопросу	3	3	3
Дезориентация	4	4	4
Быстрая и правильная ориентация	5	5	5
Двигательная реакция (M)			
Отсутствие движений	1	1	1
Патологическое разгибание в ответ на болевое раздражение	2	2	2
Патологическое сгибание в ответ на болевое раздражение	3	3	3
Отдергивание конечности в ответ на болевое раздражение	4	4	4
Целенаправленное движение в ответ на болевое раздражение	5	5	5
Выполнение движений по команде	6	6	6
Количество баллов по шкале комы Глазго (E + V + M)			

ОСМОТР ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

Спортсмен утверждает, что в состоянии покоя боли в шейном отделе нет	Да	Нет
Если в состоянии покоя боли в шейном отделе НЕТ, то способен ли спортсмен производить полный объем активных движений без боли?	Да	Нет
В норме ли сила и чувствительность конечностей?	Да	Нет

Пациенту, находящемуся в бессознательном состоянии или в состоянии частичной потери сознания, всегда диагностируется подозрение на травмы шейного отдела позвоночника, до тех пор, пока не будет доказано обратное.

ФИО: _____
Дата рождения: _____
Адрес: _____
Номер паспорта: _____
Врач, проводящий осмотр: _____
Дата: _____

ШАГ 4. ОЦЕНКА НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

См. инструкцию (стр. 7) по проведению тестирования и подсчету результатов.

Может ли пациент читать вслух (например, контрольный список симптомов) и следовать инструкциям без видимых затруднений?	Да	Нет
Способен ли пациент производить полный объем ПАССИВНЫХ движений в шейном отделе позвоночника без болевых ощущений?	Да	Нет
Может ли пациент переводить взгляд из стороны в сторону и сверху вниз, не поворачивая голову и шею, без эффекта двойного зрения?	Да	Нет
Может ли пациент выполнить пальценосовую пробу без нарушения координации движений?	Да	Нет
Может ли пациент пройти тест на тандемную ходьбу?	Да	Нет

ОЦЕНКА КООРДИНАЦИИ

Модифицированная система баллов при определении дисбаланса

Какую ногу подвергали тестированию (т.е. какая нога не доминантная) ☐ Левая ☐ Правая

Поверхность, на которой проводилось тестирование (твердая поверхность, поле и т.п.) _____

Обувь (спортивная обувь, босиком, брейсы, тейпы и т.п.) _____

Условие	Отклонения
Пациент стоит на двух ногах	из 10
Пациент стоит на одной ноге (не доминантная нога)	из 10
Тандемная позиция (не доминантная нога расположена сзади)	из 10
Общее количество отклонений	из 10

ШАГ 5. ОТЛОЖЕННАЯ ПАМЯТЬ

Тестирование на отложенную память должно проводиться через 5 минут после окончания тестирования на кратковременную память. За каждый правильный ответ начисляется 1 балл.

Ты помнишь тот список слов, который я зачитывал тебе несколько раз чуть ранее? Назови мне все слова из этого списка, которые ты можешь вспомнить в любом порядке.

Время начала теста _____

Пожалуйста, запишите каждое правильно названное слово. Общее количество баллов соответствует количеству правильно названных слов.

_____

_____

_____

Общее количество правильно названных слов: _____ **из 5** или **из 10**

ШАГ 6. РЕШЕНИЕ

Значения	Дата и время проведения осмотра		
Количество симптомов (из 22)			
Уровень серьезности симптомов (из 132)			
Ориентация (из 5)			
Кратковременная память	из 15 из 30	из 15 из 30	из 15 из 30
Концентрация внимания (из 5)			
Неврологические исследования	В норме Не в норме	В норме Не в норме	В норме Не в норме
Отклонения в балансе (из 30)			
Отложенная память	из 5 из 10	из 5 из 10	из 5 из 10

Дата и время получения травмы: _____

Если Вы были знакомы со спортсменом до получения травмы, видите ли вы отличия в его текущем состоянии от его обычного состояния?
☐ **Да** ☐ **Нет** ☐ **Не уверен** ☐ **Не применимо**
(если состояние отличается, то опишите его в секции клинических примечаний).

Сотрясение мозга диагностировано?
☐ **Да** ☐ **Нет** ☐ **Не уверен** ☐ **Не применимо**

Я, врач или лицензированный работник здравоохранения, и я лично проводил или под моим наблюдением проводился настоящий протокол SCAT5.

Подпись: _____
ФИО: _____
Должность: _____
Регистрационный номер (если применимо): _____
Дата: _____

КОЛИЧЕСТВО БАЛЛОВ СОГЛАСНО ПРОТОКОЛУ SCAT5 НЕ ДОЛЖНО СЛУЖИТЬ ЕДИНСТВЕННЫМ ОСНОВАНИЕМ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ СОТРЯСЕНИЯ МОЗГА, ОПРЕДЕЛЕНИИ КУРСА ЛЕЧЕНИЯ ИЛИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЯ О ГОТОВНОСТИ СПОРТСМЕНА ВЕРНУТЬСЯ К УЧАСТИЮ В СОРЕВНОВАНИИ ПОСЛЕ ПОЛУЧЕННОГО СОТРЯСЕНИЯ МОЗГА.

Методы диагностики СГМ	SENSITIVITY ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ	SPECIFICITY СПЕЦИФИЧНОСТЬ
SCAT5	**100%**	**20%**
Standardised Assessment of Concussion (**SAC**)	**48%**	**60%**
Post-Concussion Symptom Scale (**PCSS**)	**90%**	**85%**
Modified Balance Error Scoring System (**mBESS**)	**83%**	**59%**

Статьи, шт (%)	«cognitive control» или «cognitive functions» или «cognitive function»	«executive control» или «executive functions» ил «executive function»
«Neuropsychology» (нейропсихология)	1375 (**38%**)	2230 (**62%**)
«Psychology» (психология)	21708 (**54%**)	18421 (**46%**)
«Neuroimaging» (нейровизуализация)	3064 (**55%**)	2495 (**45%**)
«Computational» (вычислительный)	762 (**70%**)	324 (**30%**)
«Disorder» (заболевание)	6721 (**50%**)	6665 (**50%**)

Определение связей между характеристиками протекания психической деятельности и эффективностью реализации спортивной деятельности

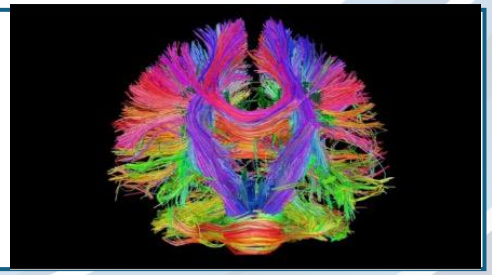
СВЯЗИ

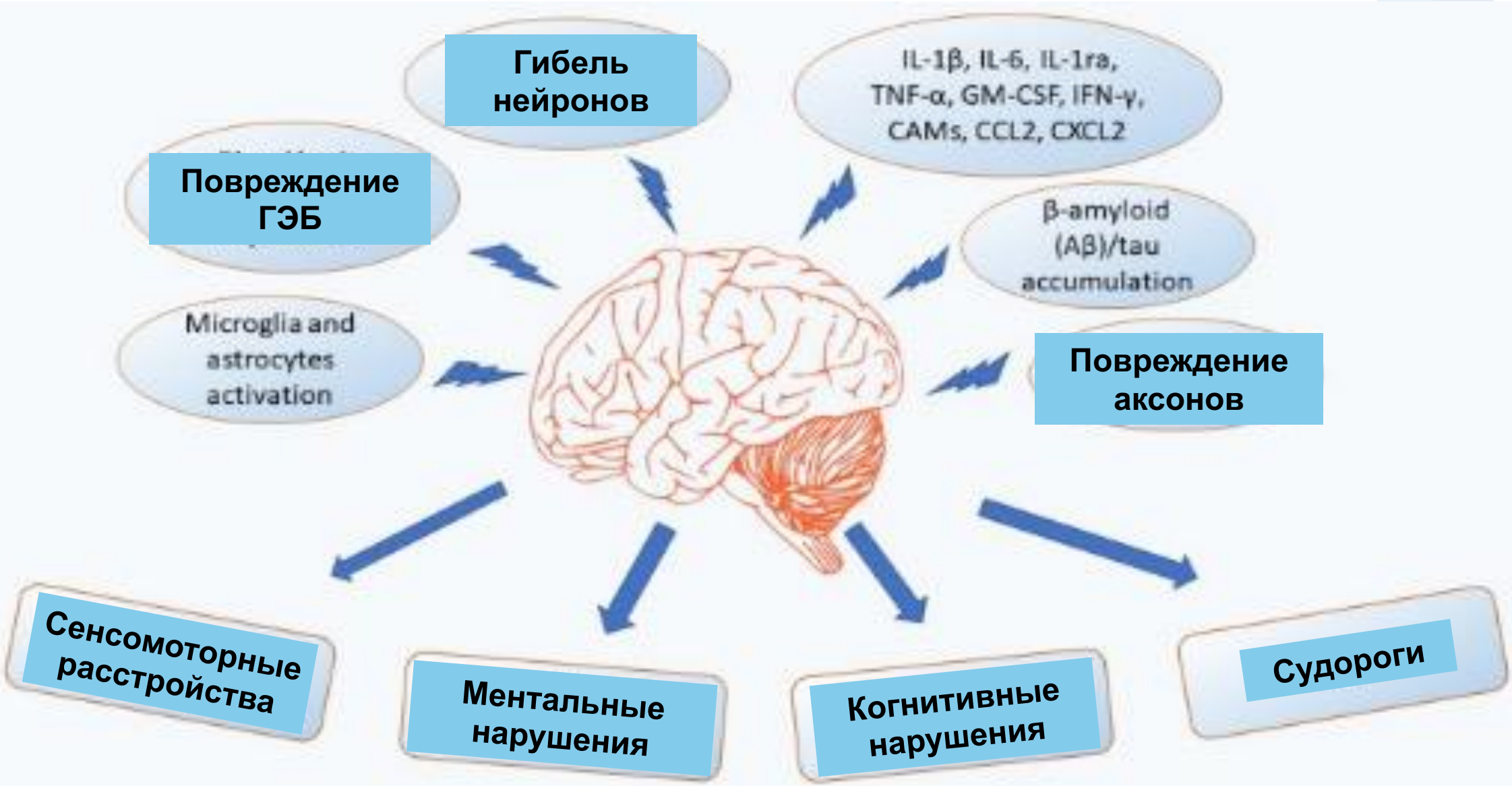
Как и какую функцию нужно наблюдать, чтобы эффективно оценивать психофизиологическое состояние спортсмена

ФУНКЦИЯ

Диагностический подход, сфокусированный на тех структурах мозга, которые связаны с обеспечением целевой функции

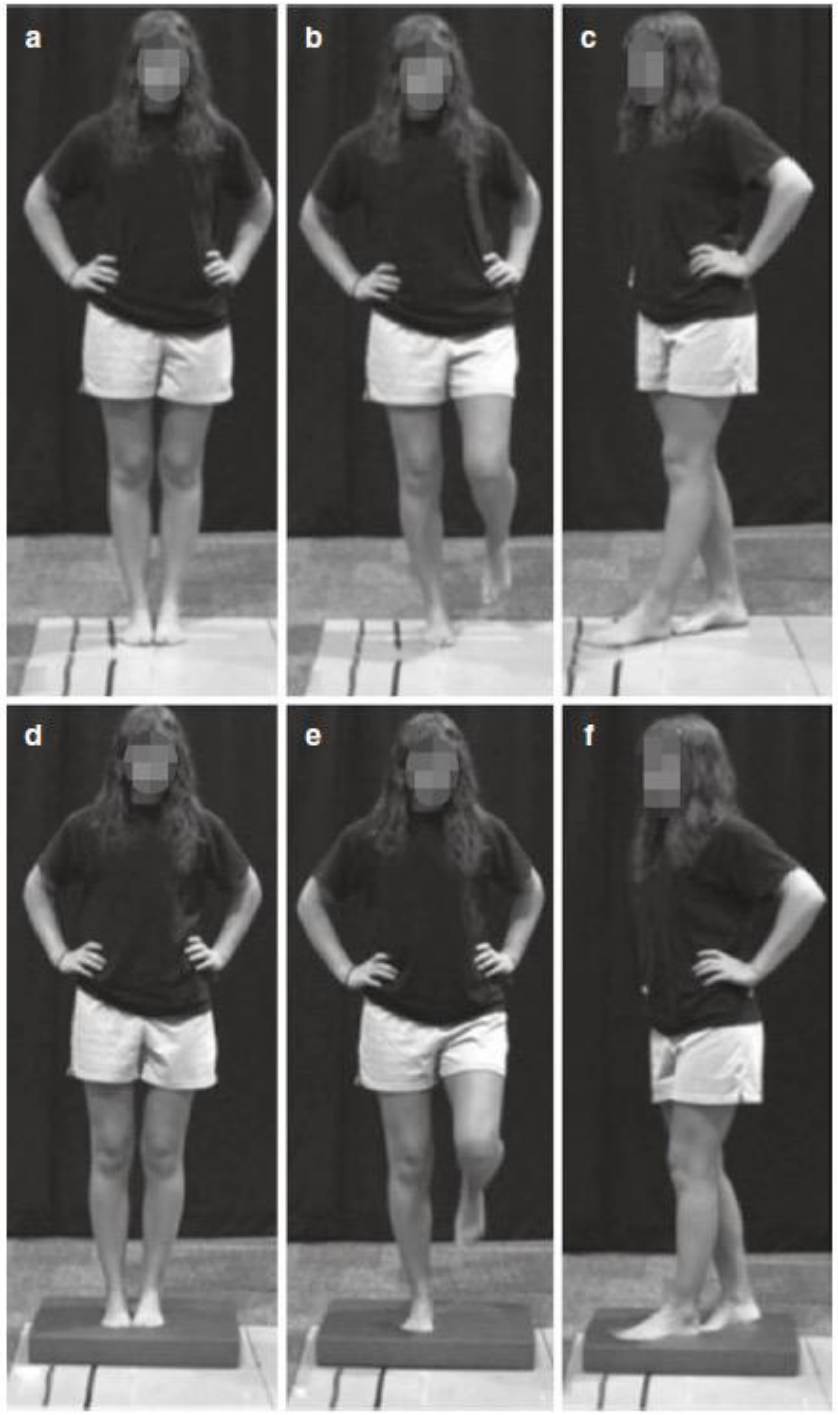
СТРУКТУРА





Хроническая нейровоспалительная реакция головного мозга на ЧМТ и связанные с ней осложнения

TNF-α: Tumor necrosis factor-alpha, IL: interleukin, GM-CSF: Granulocyte-macrophage colony-stimulating factor, CCL2: C-C motif chemokine ligand 2, CXCL2: C-X-C motif chemokine ligand 2, IFN-γ: Interferon-gamma, CAMs: Cell adhesion molecules.

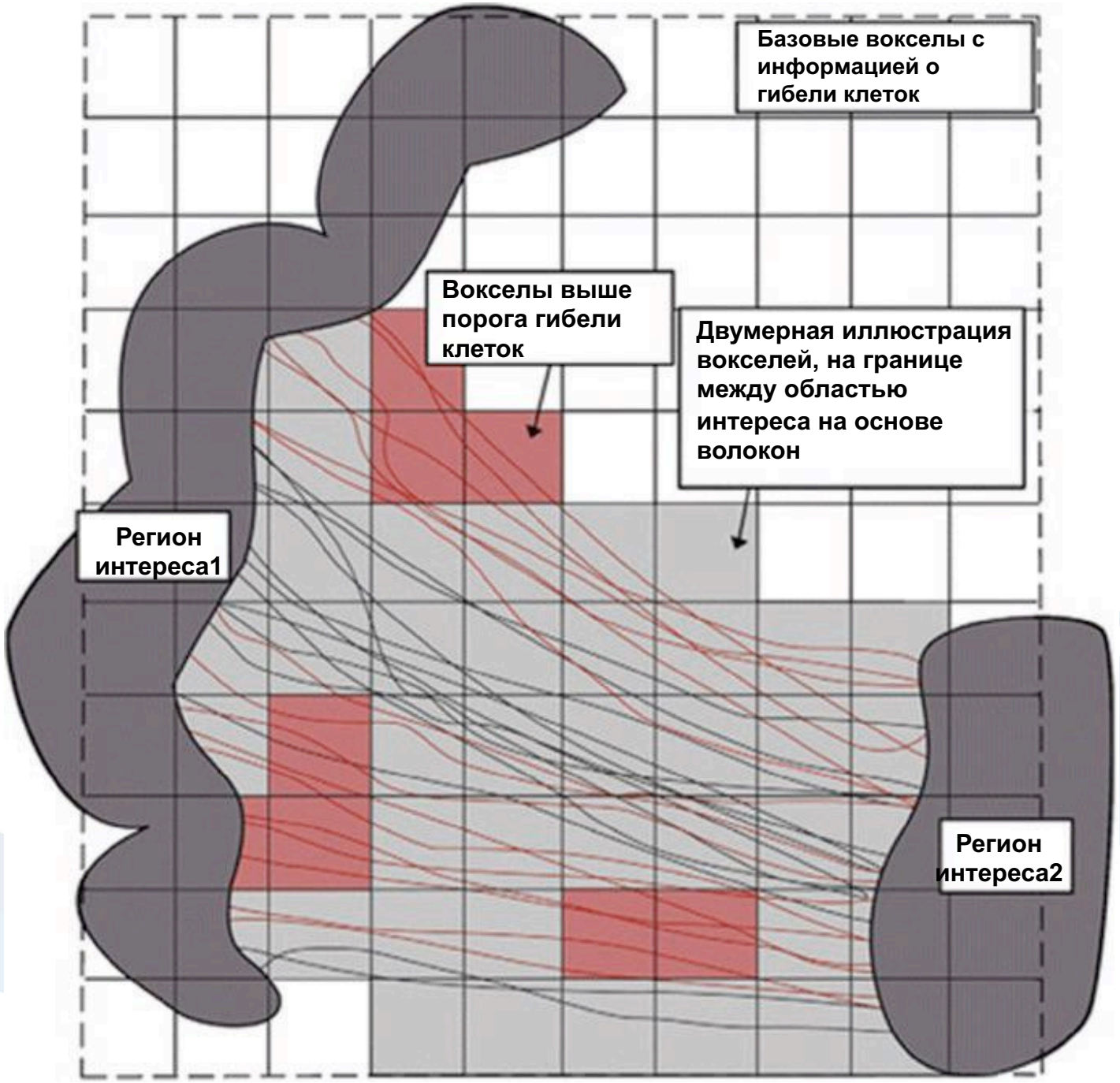


ОСТРЫЕ И ЗАТЯЖНЫЕ НАРУШЕНИЯ ПОСТУРАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПОСЛЕ СОТРЯСЕНИЯ МОЗГА

Система подсчета ошибок баланса. Шесть позиций:
a: твердая на двух ногах;
b: твердая на одной ноге;
c: твердая в тандеме;
d: пена на двух ногах;
e: пена на одной ноге;
f: пена в тандеме выполнялась по 20 с каждая.

Выявленные ошибки BESS включали:
(1) отрыв рук от гребня подвздошной кости,
(2) открытие глаз,
(3) шаг, спотыкание или падение,
(4) перемещение бедра на угол отведения более 30°,
(5) подъем

Rahn C, et.al. Sideline performance of the balance error scoring system during a live sporting event. // Clinical Journal of Sport Medicine. 2015;25(3):248–53. PMID: 25098674.



ПОВРЕЖДЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ.

Различные траектории аксонов могут быть или не быть уязвимы для повреждений.
Существуют только определенные участки, где биомеханическая деформация достаточно изменяет паренхиму мозга, вызывая повреждение аксонов.
Линии представляют собой гипотетические проекции аксонов от одной структуры серого вещества к другой.
Только восемь секторов подверглись достаточной деформации, чтобы повредить аксоны

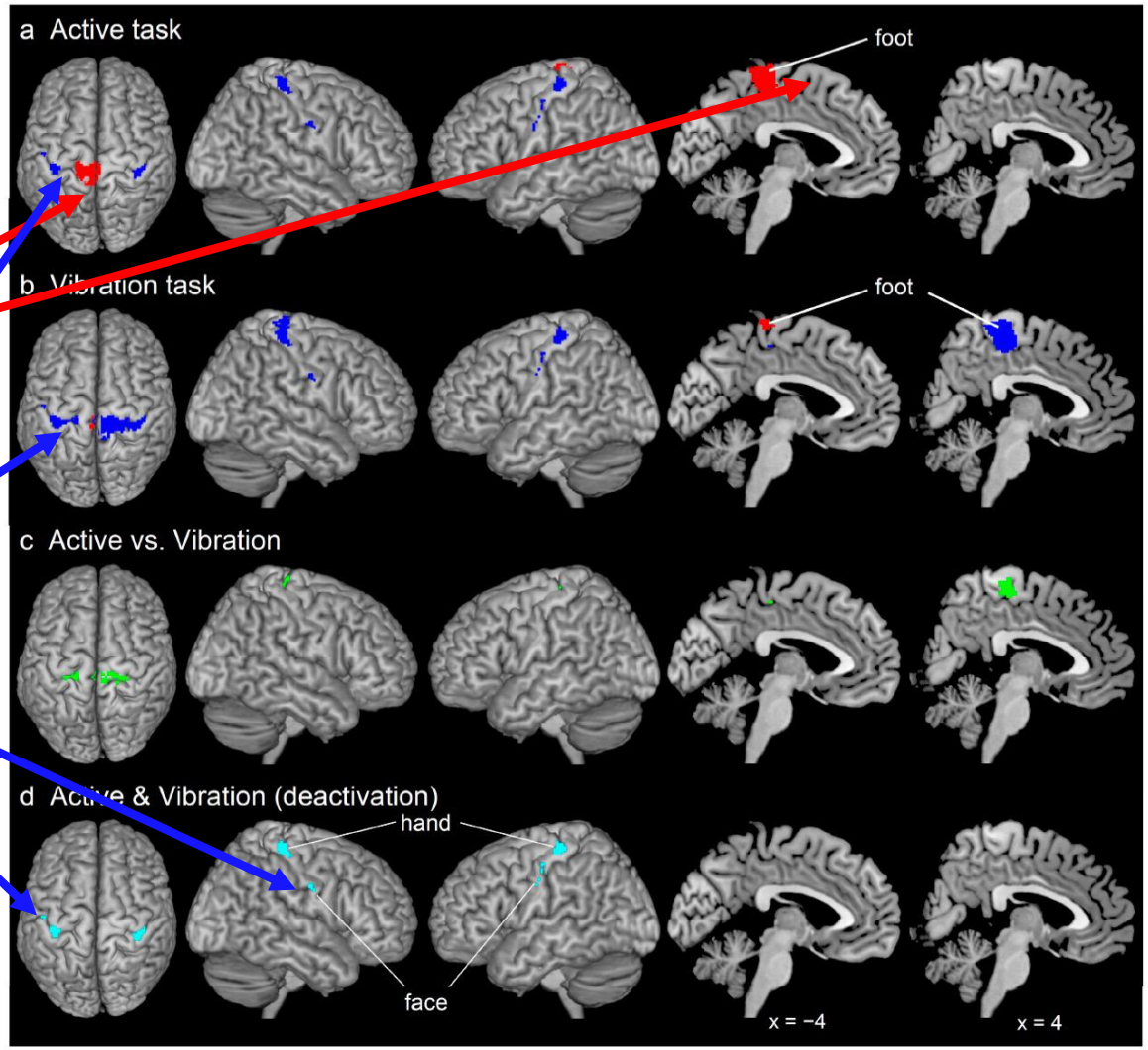
Kraft RH, et al. Combining the finite element method with structural connectome-based analysis for modeling neurotrauma: connectome neurotrauma mechanics. PLoS Comput Biol. 2012;8(8):e1002619.

Негативный BOLD сигнал на фМРТ

ДВИГАТЕЛЬНЫЙ АКТ:

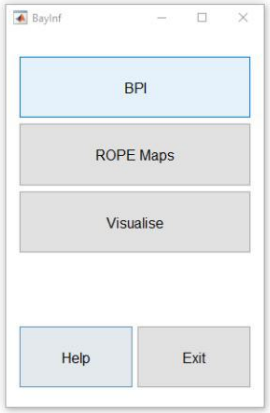
помимо активации контралатеральной **моторной коры** активной конечности, негативный BOLD-ответ регистрируется в **ипсилатеральной коре** остальных, находящихся в покое, конечностей и частей тела.

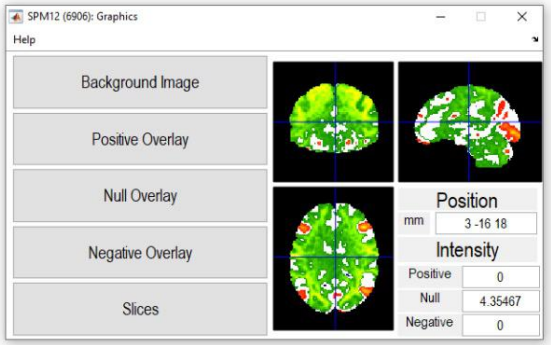
Торможение шире, чем «активация»!



Naito E, Morita T, Kimura N, Asada M. Existence of Interhemispheric Inhibition between Foot Sections of Human Primary Motor Cortices: Evidence from Negative Blood Oxygenation-Level Dependent Signal. Brain Sci. 2021 Aug 20;11(8):1099.

Bayesian Inference (BayInf) toolbox

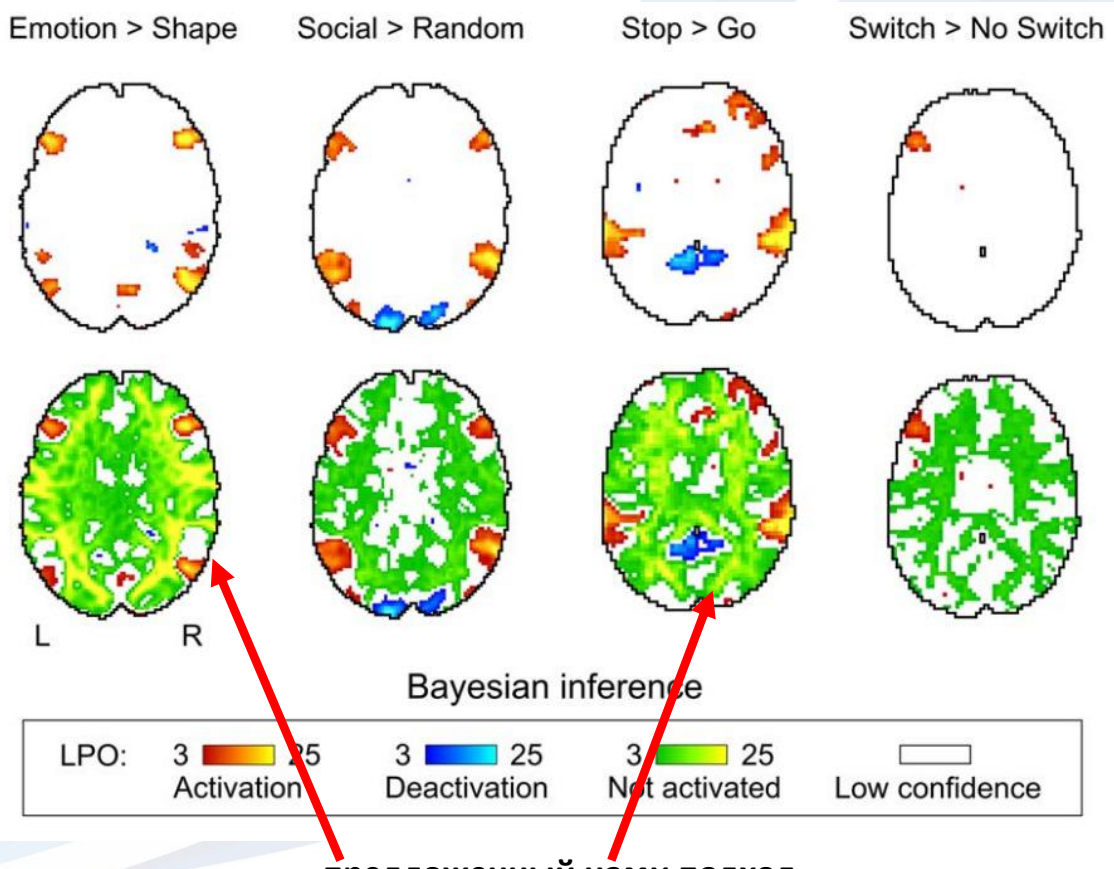




В дополнение к стандартным методам анализа, которые применялись в функциональном картировании мозга человека последние 30 лет, для локализации «активаций» и «деактиваций»

разработанный нами подход позволяет выявить/картировать области мозга, который показывает те области, которые одинаково активны в сравниваемых условиях

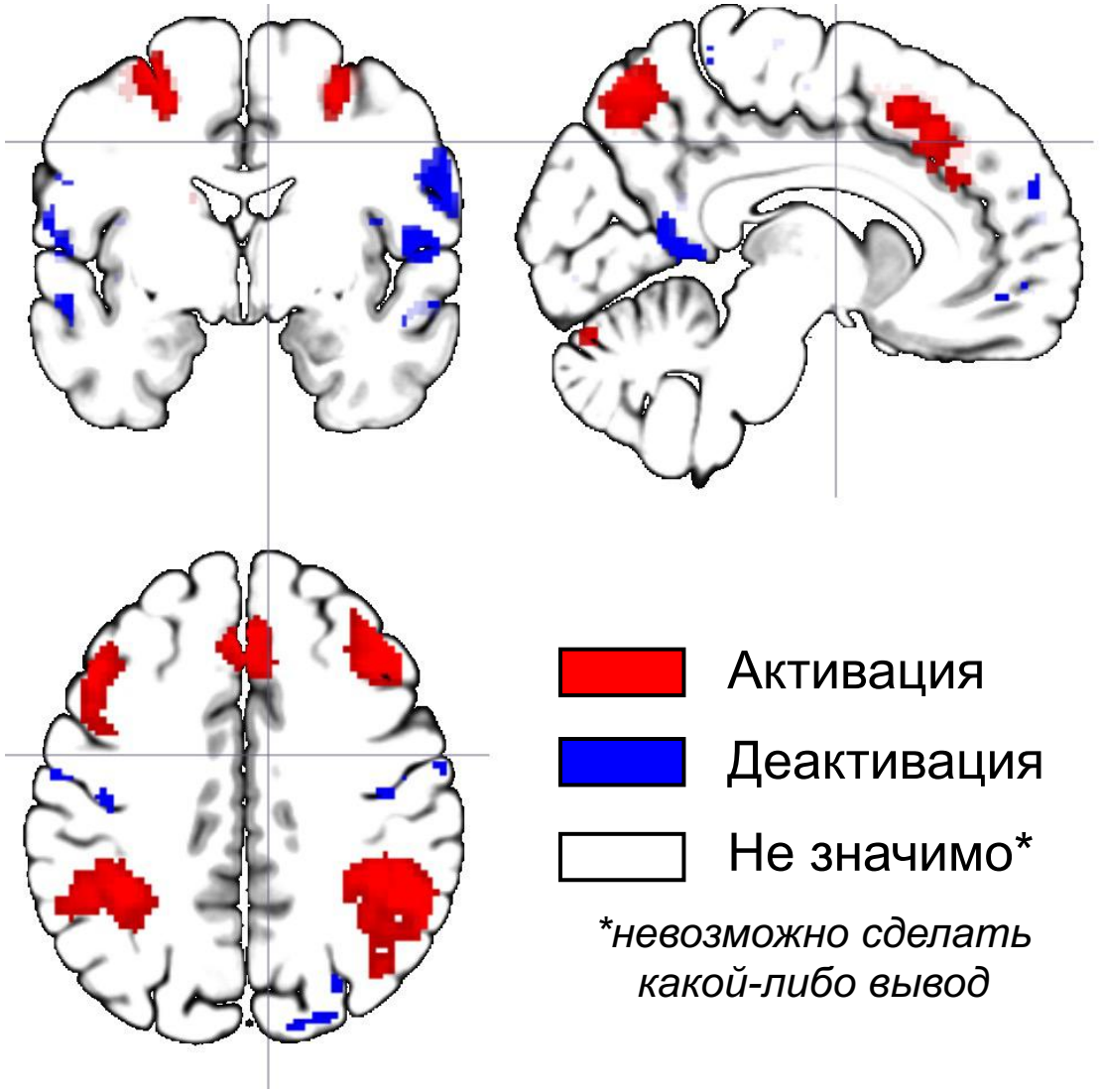
Типы сравниваемых тестовых заданий из открытых данных Human Connectome Project



предложенный нами подход по картированию функций мозга

Providing Evidence for the Null Hypothesis in Functional Magnetic Resonance Imaging Using Group-Level Bayesian Inference / R. Masharipov, I. Knyazeva, Y. Nikolaev [et al.] // Frontiers in Neuroinformatics. – 2021. – Vol. 15. – P. 738342.

Функциональное картирование: Классический частотный подход



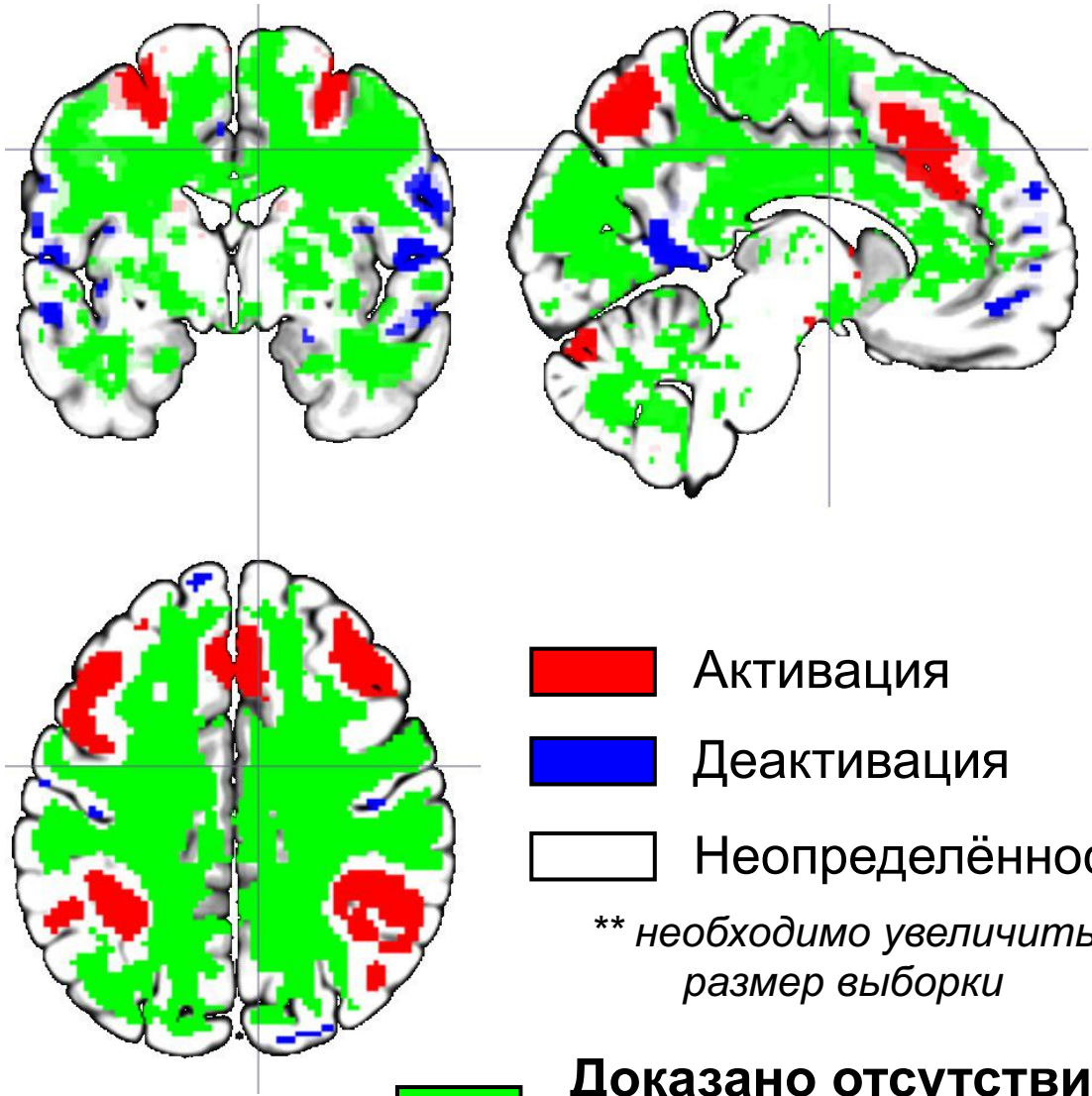
Активация

Деактивация

Не значимо*

**невозможно сделать какой-либо вывод*

Функциональное картирование: Предложенный нами подход



Активация

Деактивация

Неопределённость**

*** необходимо увеличить размер выборки*

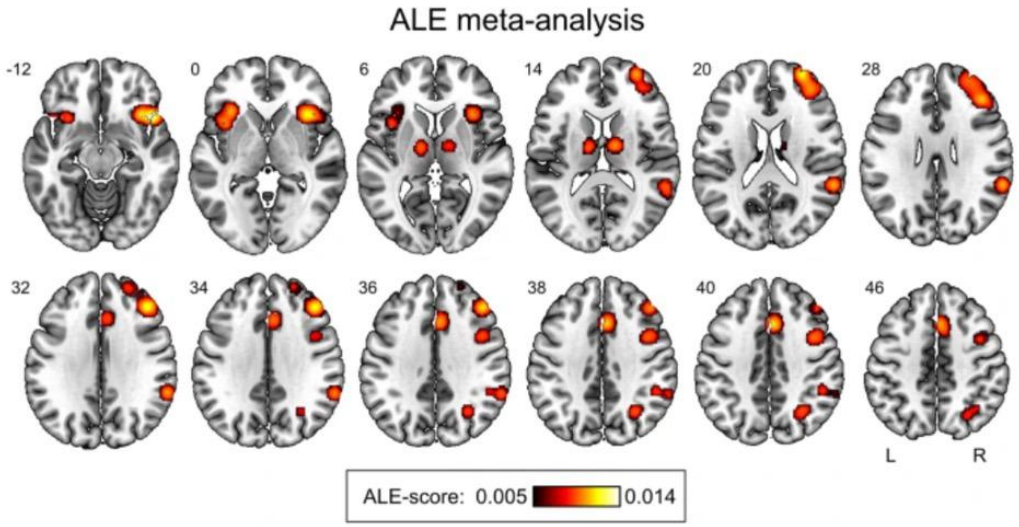
Доказано отсутствие изменения активности

Masharipov R, Knyazeva I, Nikolaev Y, Korotkov A, Didur M, Cherednichenko D and Kireev M (2021) Providing Evidence for the Null Hypothesis in Functional Magnetic Resonance Imaging Using Group-Level Bayesian Inference. *Front. Neuroinform.* 15:738342. doi: 10.3389/fninf.2021.738342

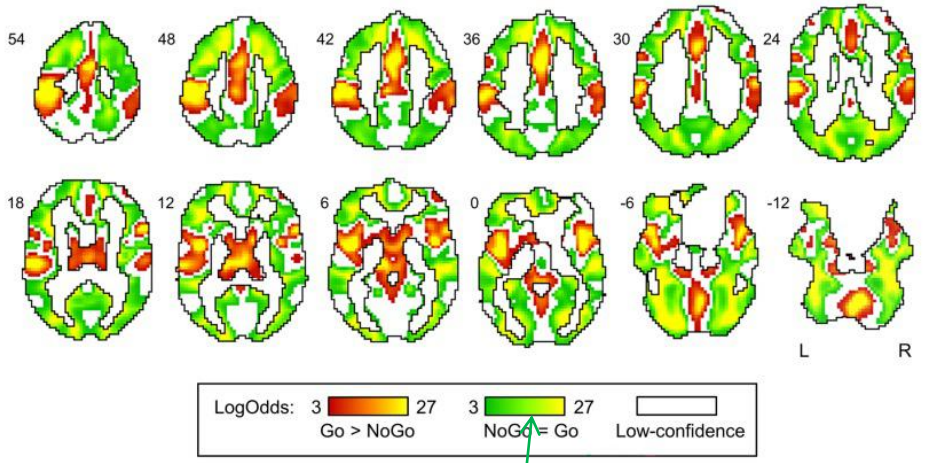
Применение данного метода картирования впервые позволило выявить мозговую систему неселективного тормозного контроля

Метаанализ литературных данных фМРТ исследований использовавших Go/NoGo тест, по поиску структур мозга – кандидатов на роль звеньев мозговой системы неселективного торможения:

области мозга связанные с торможение при подавлении действий (NoGo)



Выявление областей мозга, в которых наблюдается одинаковая активность и при реализации действий (Go) и при их подавлении (NoGo)



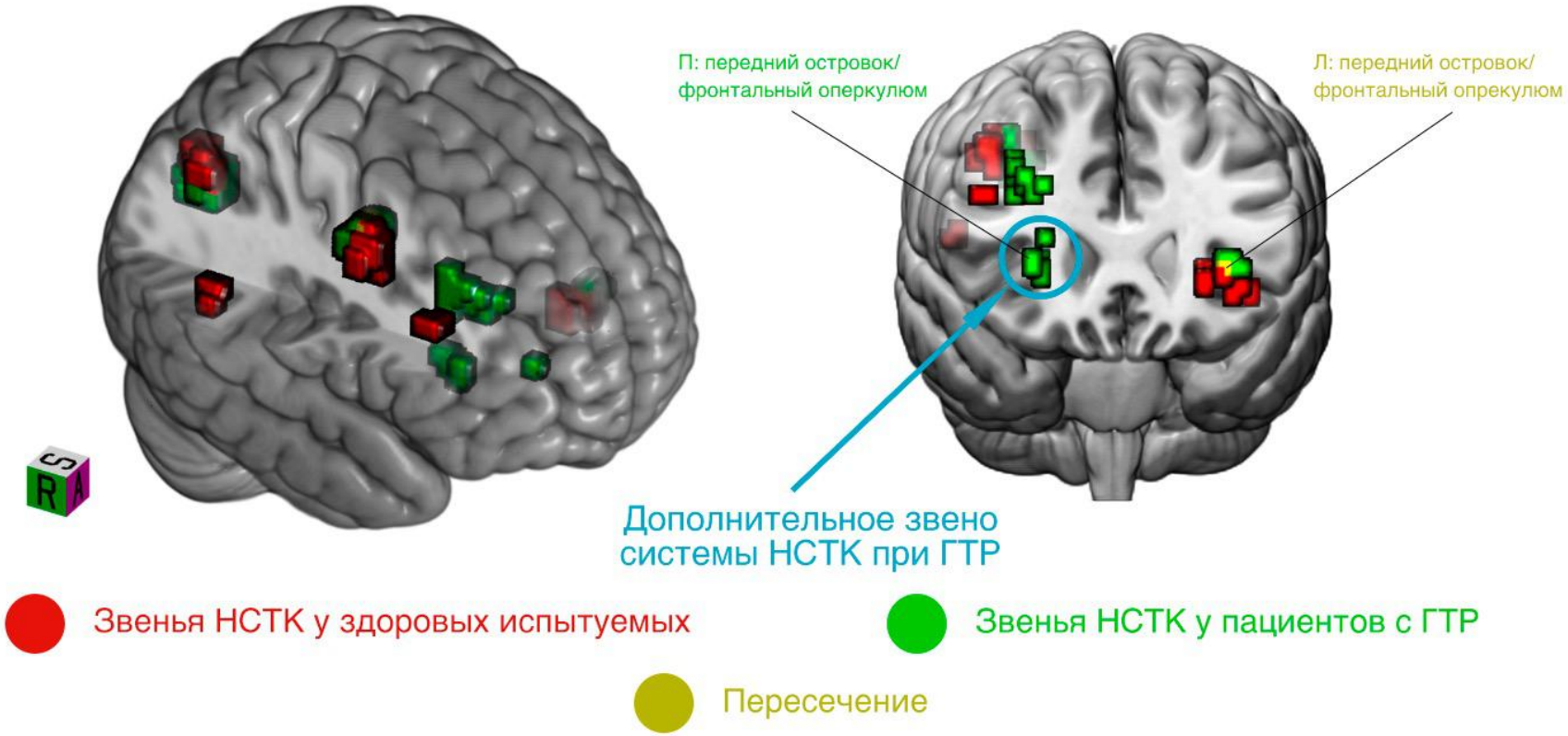
Если существует мозговая система обеспечения неселективного торможения, то должно быть пересечение между NoGo=Go и результатом метанализа литературных данных

МЕТААНАЛИЗ + КАРТИРОВАНИЕ

Masharipov, R., *et al.* Evidence for non-selective response inhibition in uncertain contexts revealed by combined meta-analysis and Bayesian analysis of fMRI data. *Sci Rep* 12, 10137 (2022). https://doi.org/10.1038/s41598-022-14221-x

Результат сравнительного фМРТ исследования звеньевого состава мозговой системы неселективного тормозного контроля при ГТР.

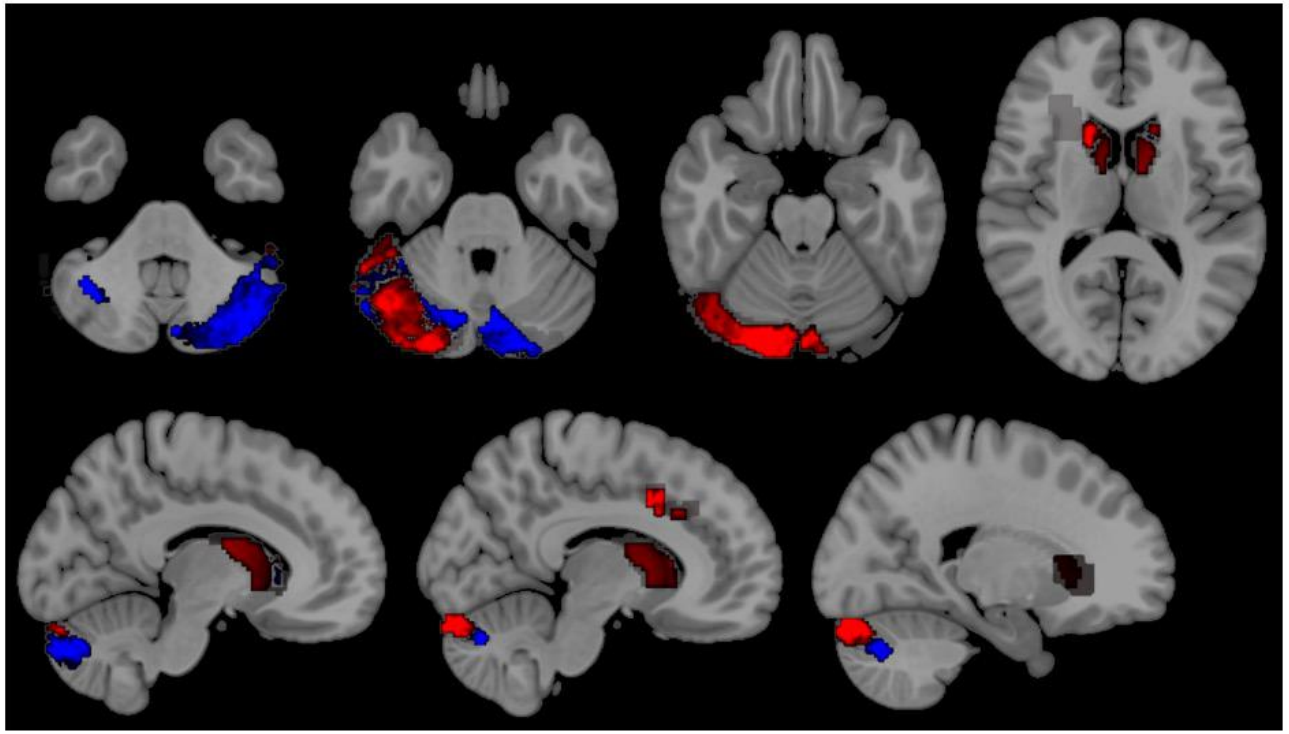
Впервые установлено ГТР обусловленное расширение звеньевого состава данной системы



Зеленым цветом обозначены структуры мозга, которые вовлекаются в обеспечение процессов неселективного торможения действий только у пациентов с ГТР

Использование выявленного набора структур в мониторинге признаков возможных изменений управляющих функций

Паттерн изменений функционального состояния по данным фМРТ покоя



Различает людей с низкой и высокой тревожностью

При обнаружении подобного паттерна у спортсмена в условиях индивидуального мониторинга – признак возможного изменения управляющих функций

РЕАБИЛИТАЦИЯ

- Головокружение, боль в шее и/или головные боли сохраняются более 10 дней, рекомендуется цервиковестибулярная реабилитация.
- Симптомы сохраняются более 4 недель у детей и подростков, может быть полезна активная реабилитация и совместный уход.
- Для детей, подростков и взрослых с головокружением/проблемами равновесия может быть полезна либо **вестибулярная реабилитация**, либо **цервиковестибулярная реабилитация**.
- Следует рассмотреть включение **аэробных упражнений** субсимптомного порога в сочетании с другими методами лечения.
- В случае рецидива симптомов при прохождении стратегий возврата к обучению (RTL) или возврата к спорту (RTS) повторная оценка и направление на реабилитацию могут быть полезны для облегчения выздоровления.
- Реабилитация может быть направлена на отдельные симптомы или, возможно, более общие и сосредоточена на общем выздоровлении.
- Эффекты сочетания реабилитации, оптимальные сроки начала реабилитации и модифицирующие факторы (такие как возраст и пол) еще не изучены и требуют дальнейшей оценки.

Schneider KJ, Critchley M, Anderson V, et al. Targeted interventions and their effect on recovery in children, adolescents, and adults who have suffered a sport-related concussion: a systematic review. Br J Sports Med 2023.

ОСНОВНЫЕ СТРАТЕГИИ

RETURN-TO-LEARN (RTL)

- Окружение (школа, институт)
- Физические нагрузки (избегание контакта, падений)
- Учебная программа
- Изменение контроля

RETURN-TO-SPORT (RTS)

- Нет «кокону». Избегать полного физического и когнитивного покоя
- Аэробные нагрузки
- Контроль врача 4-6 шаг
- Критерий нагрузок – обострение симптомов СГМ

RETURN-TO-LEARN (RTL)

Шаг	Ментальная активность	Активность	Цель
1	Повседневная деятельность, не обостряющая симптомы СГМ	Обычная активность (напр., чтение) при минимизации времени у экрана. 5–15 минут за раз и постепенно увеличивать.	Постепенное возвращение к привычным видам деятельности
2	Учебная активность	Домашнее задание, чтение или другие познавательные занятия вне класса	Повышение толерантности к когнитивной работе
3	Вернуться в школу на неполный учебный день	Постепенное введение школьных занятий.	Увеличение академической активности
4	Вернуться в школу на полный учебный день	Постепенно увеличить школьные занятия до уровня без симптомов СГМ	Вернуться к полноценной учебной деятельности

RETURN-TO-SPORT (RTS)

Шаг	Физическая активность	Активность	Цель
1	Симптом-лимитированная активность	Ежедневные нагрузки, не усугубляющие симптомы (например, ходьба).	Постепенное возобновление работы/учебы
2	Аэробные упражнения **2A** — Легкие (примерно до 55% maxHR), затем **2B** — Умеренные (примерно до 70% maxHR)	Велотренажер или ходьба в медленном или среднем темпе. Можно начать легкие силовые тренировки, с минимальными симптомами СГМ	Повышение ЧСС
3	Индивидуальные спортивные нагрузки. При риске удара головой – медосмотр	Специфические спортивные тренировки вне команды (например, бег, смена направления и/или индивидуальные тренировочные упражнения вне команды). Ничего с риском удара головой.	Добавить движение, изменение направления
4	Бесконтактные тренировки	Упражнения высокой интенсивности, включая более сложные тренировочные упражнения (например, упражнения на передачу паса, командные тренировки).	Вернуть обычную интенсивность упражнений, координации и более активного мышления.
5	Тренировки в полном контакте	Нормальная тренировочная активность	Восстановление уверенности и оценка функциональных навыков тренерским составом

Стадия,	Описание	Активность
1	Ограниченная симптомами повседневная деятельность	Никакой физической активности; возобновление повседневной деятельности (прогулки и т. д.)
2	Легкая аэробная активность	<70% максимальной ЧСС, прогнозируемой по возрасту. Активность без сотрясений
3	Специфическая спортивная активность	Бег, катание на коньках и другие виды спорта без риска удара головой
4	Бесконтактные виды активности	Тренировки в команде, прогресс в тренировках с отягощениями, улучшение координации и мышления
5	Неограниченная активность	Возврат к обычной тренировочной активности
6	Полное возвращение к спорту	Медицинское заключение от врача

Concussion in Sport Group guidelines

NATA

AMSSM

1. Broglio SP, et al. National athletic trainers' association position statement: management of sport concussion. J Athl Train. 2014;49(2):245–65.
2. McCrory P, et al. Consensus statement on concussion in sport—the 5th intern. conference on concussion in sport held in Berlin, 2016. Br J Sports Med. 2017;51(11):838–47.
3. Harmon KG, et al. American medical society for sports medicine position statement on concussion in sport. Br J Sports Med. 2019;53(4):213–25.
4. Patricios JS, Schneider KJ, Dvorak J, et al. Consensus statement on concussion in sport: Br J Sports Med 2023;57:695–711.

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ