

Гипотермия

в защите мозга при спортивных ЧМТ (гипотермическая
нейропротекция и микроволновая радиотермометрия
головного мозга)

Шевелев О.А., Смоленский А.В.



СПОРТИВНАЯ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВАЯ ТРАВМА (ЧМТ)

- В структуре спортивного травматизма ЧМТ составляют до 20% всех видов травм. Около 97% составляют легкие ЧМТ (Theadoma A. e.a. *Neuroepidemiology*. 2020;54:192–199. DOI: 10.1159/000505424).
- Последствия легкой ЧМТ: постконтузионный синдром (когнитивные, эмоциональные и поведенческие расстройства), структурные изменения вещества головного мозга (вентрикуломегалия, расширение полости прозрачной перегородки и конвекситальных пространств), цереброваскулярные расстройства, эпилепсия, БАС, паркинсонизм, деменция альцгеймеровского типа. (Клинические рекомендации Ассоциации нейрохирургов РФ. (Лёгкая черепно-мозговая травма, 2016: Сотрясение головного мозга, 2021).
- Большое значение в ухудшении прогноза течения травмы имеет синдром повторного повреждения (повторная травма в течении 1-3 дней после первой).
- Почти у половины боксеров, имеющих более 50-ти официальных поединков, обнаруживаются признаки повреждения на МРТ. (Муравский А.В. с соавт.1 Всерос. Конгресса «Медицина для спорта», 2015).

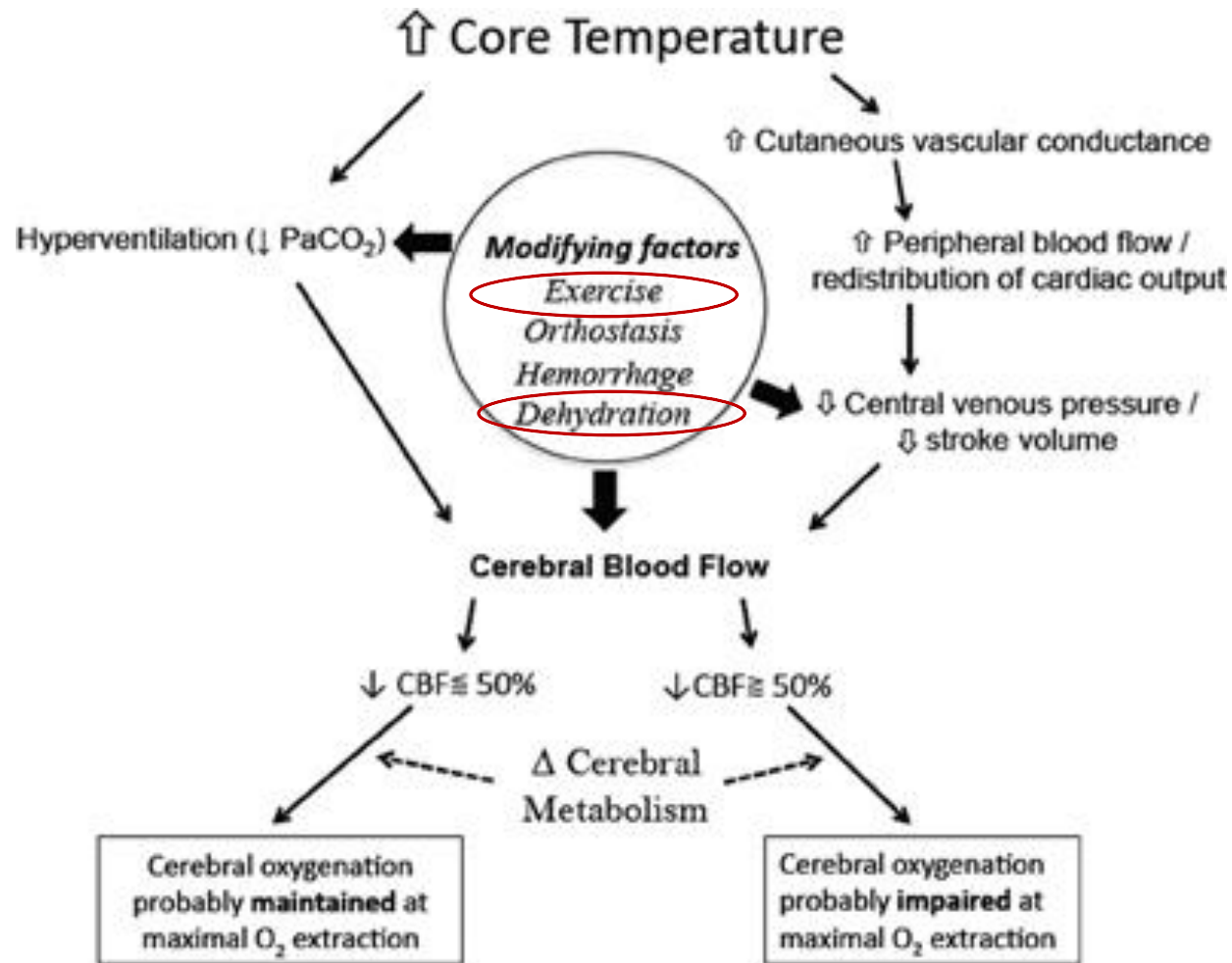
Диагностика

- В связи с высоким уровнем травматизма в хоккее в Медицинском регламенте КХЛ (2021) в Приложении 3 (Программа углубленного медицинского обследования хоккеистов КХЛ) рекомендованы исследования психоэмоционального статуса и МРТ головного мозга, обязательные для хоккеистов, получивших диагноз «сотрясение головного мозга» в течение предыдущего сезона Чемпионата.
- В Медицинском справочнике по Олимпийскому Боксу (2009) и Технических и соревновательных правилах АИБа (2019, Правило 10. Медицинский осмотр спортсменов) большое внимание уделено врачебному осмотру, включающему сбор анамнеза и выявление неврологических симптомов сотрясения мозга. Рекомендовано также проведение МРТ головного мозга после установления диагноза «сотрясение мозга».

СПЕЦИФИКА СПОРТИВНОЙ ЧМТ

- **Повторные частые ЧМТ (синдром повторных повреждений)**
- **Снижение мозгового кровотока во время значительных нагрузок (синдром «обкрадывания» мозга):**
 1. Периферическое перераспределение кровотока (теплоотдача и потение, кровоснабжение рабочей мускулатуры)
 2. Гипокапния при гипервентиляции (снижение церебрального кровотока при ауторегуляции мозгового кровотока)
- **Повышенная температура тела и головного мозга (ухудшение последствий ЧМТ)**
- **Значительное напряжение кардиоваскулярной системы (ухудшение последствий ЧМТ)**
- **Антиагравационное поведение спортсменов (высокая мотивация)**
- **Отсутствие доступных объективных инструментальных методов** ранней диагностики травмы мозга и оценки достаточности реабилитационных мероприятий (не информативность МРТ на ранних сроках ЧМТ)
- **Отсутствие специальных программ реабилитации** после спортивных ЧМТ

Мозговой кровоток и оксигенация при физических нагрузках и дегидратации

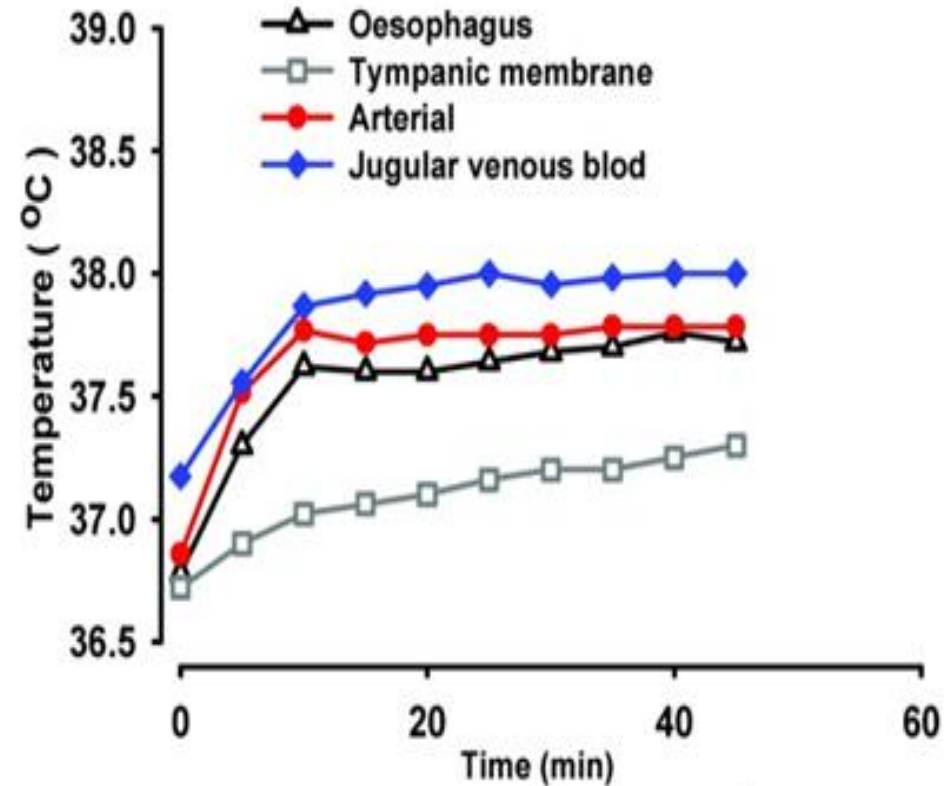


- * Физические нагрузки и гиповолемия приводят к гипоксии за счет гипервентиляции.
- * Уменьшение PCO₂ обуславливает снижение мозгового кровотока.
- * Повышение температуры тела приводит к росту температуры мозга.
- * Периферическое перераспределение кровотока формирует синдром «обкрадывания» головного мозга.

Причины развития церебральной гипертермии

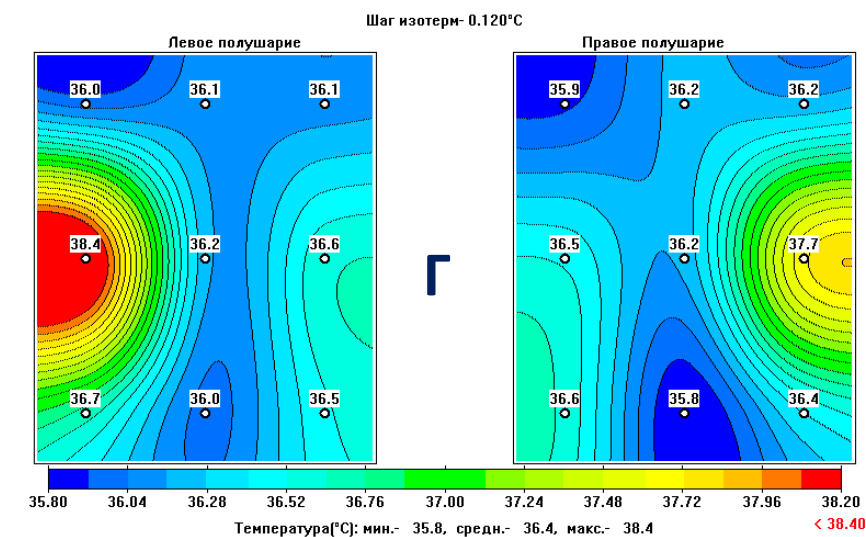
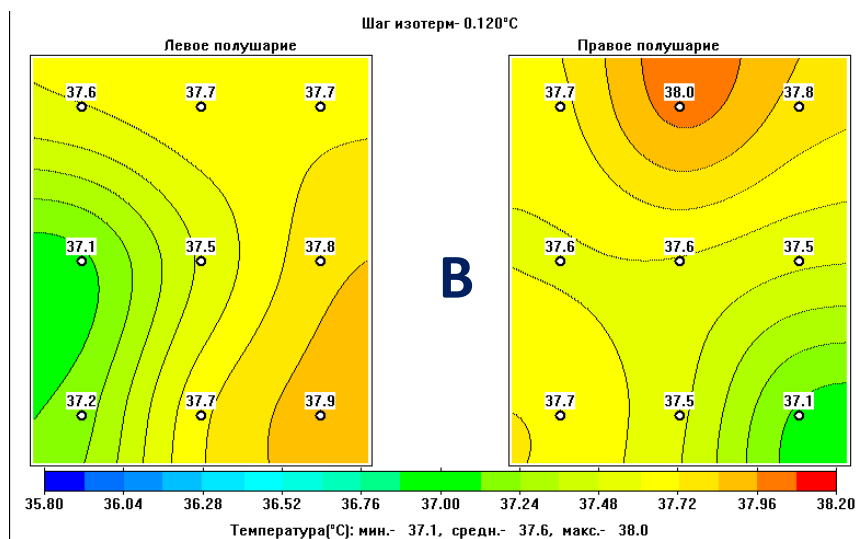
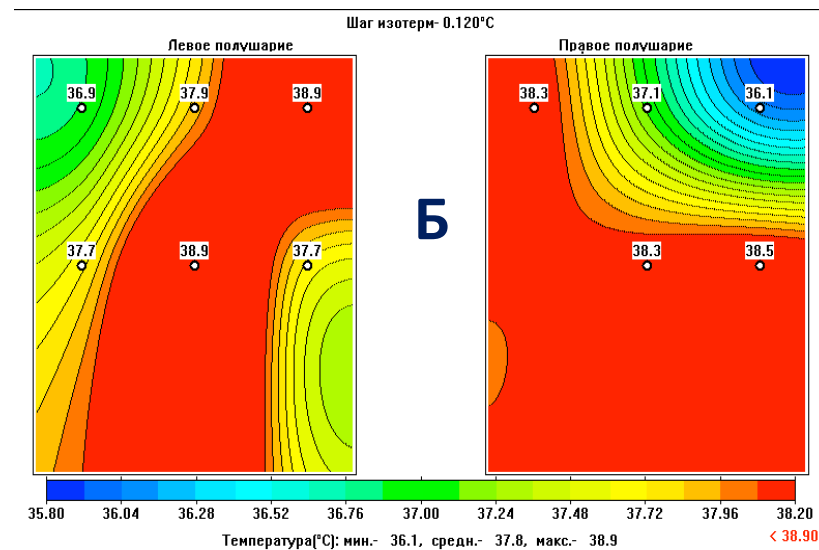
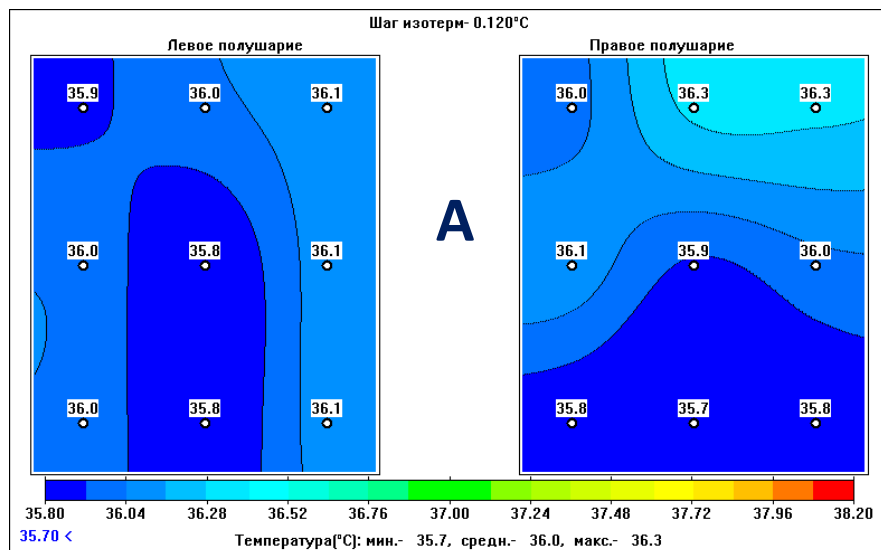
- 20% всей теплоты организма вырабатывается в головном мозге (масса мозга < 2% от массы тела), 20-25% МОК, O_2 , глюкозы обеспечивают церебральный метаболизм в покое.
- Теплота накапливается в головном мозге при физических нагрузках, эмоциональном возбуждении и стрессе, лихорадке, аффекте, гипоксически-ишемических состояниях, нейротравме.
- Повышение температуры мозга (> 38-39,5°C) приводит к развитию ментальных, когнитивных, эмоционально-волевых, неврологических расстройств.

NB! Церебральная гипертермия составляет основу центральных механизмов развития утомления и снижения работоспособности.
(Nybo L., 2015)



Nybo L., 2012

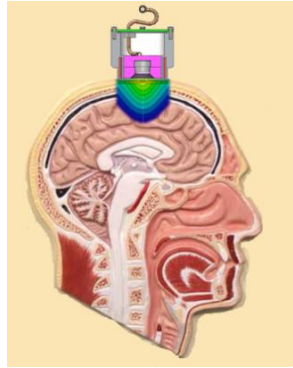
Температура коры больших полушарий головного мозга здорового (А) и больных ишемическим инсультом (Б, В, Г)



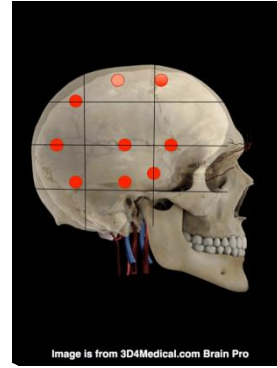
Микроволновая радиотермометрия (РТМ)



А



Б



В

СВЧ-радиотермометрия (МРТ) основана на регистрации мощности ЭМИ тканей в СВЧ-диапазоне (3-4 ГГц) при помощи контактных антенн.

Мощность излучения пропорциональна температуре на глубине 5-7 см (кора больших полушарий, верифицировано с использованием имплантированных термисторов).

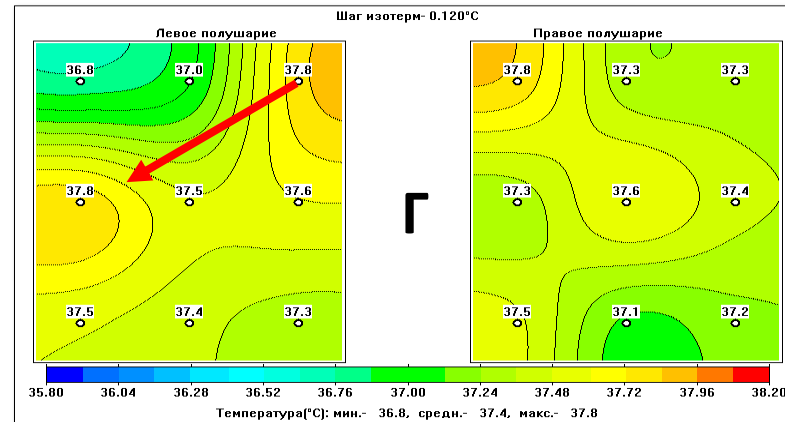
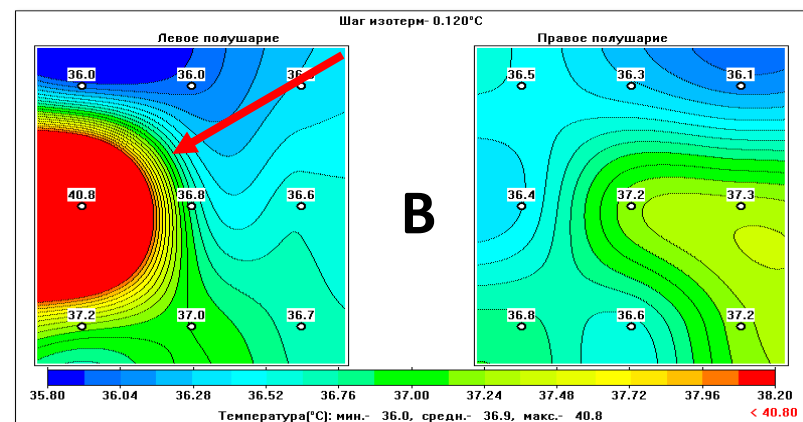
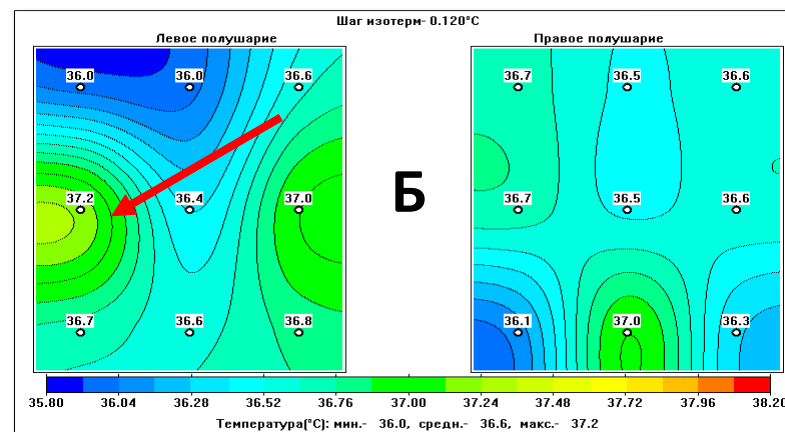
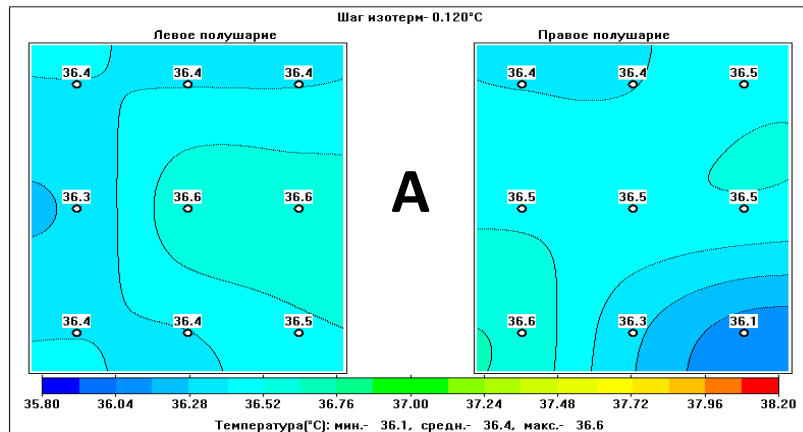
РТМ-01-РЭС, Д 3,2 см (А);

Области регистрации ЭМИ (Б); процедура термометрии головного мозга (В).

Igor Goryanin, Sergey Karbainov, Oleg Shevelev, e.a. Passive microwave radiometry in biomedical studies. Drug Discovery Today. 2020; 25(4), 757-763. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2020.01.016>

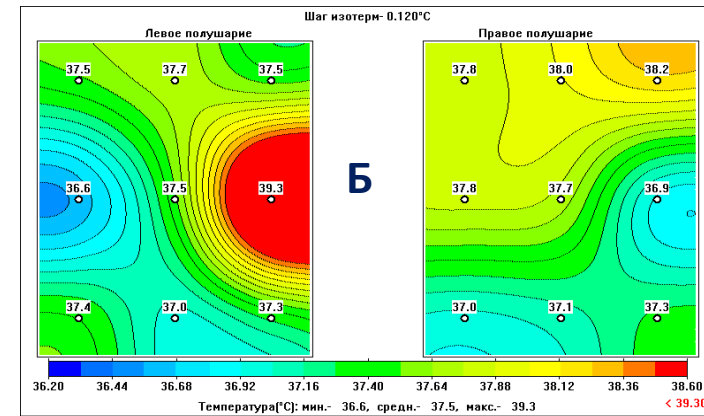
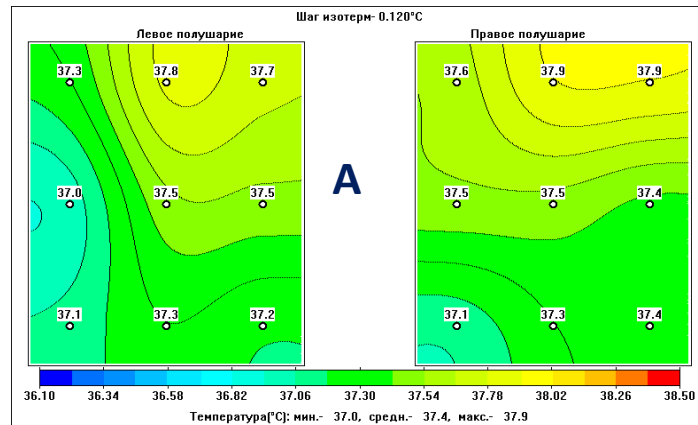
O. Shevelev, M. Petrova, A. Smolensky, e.a. Using medical microwave radiometry for brain temperature measurements, Drug Discovery Today (2021), doi: <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2021.11.004>

Температура коры головного мозга спортсмена-боксера перед тренировкой (А), после 20-ти минутной разогревающей тренировки (Б), после спарринга (В), через час после спарринга (Г)

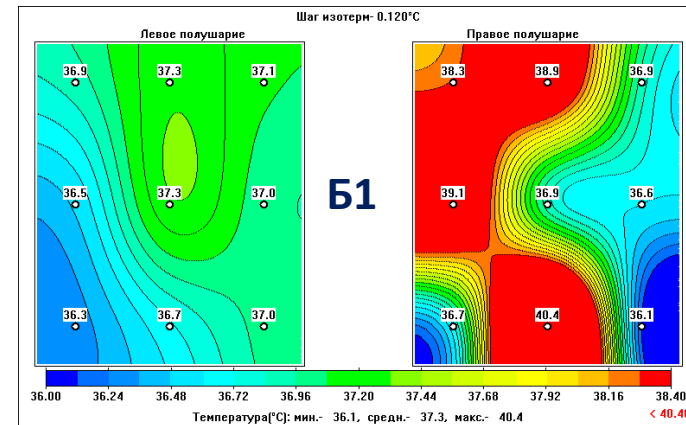
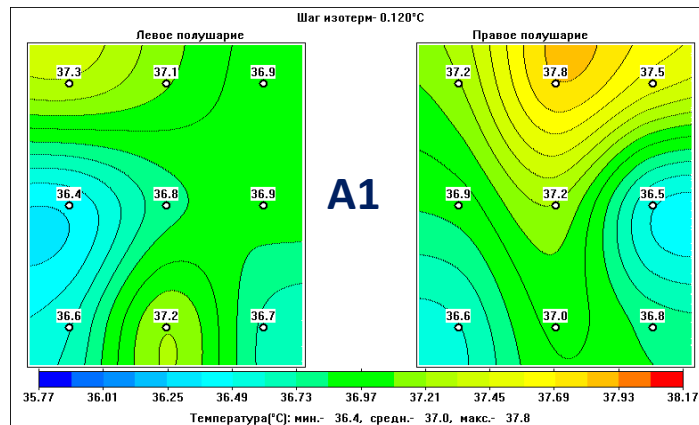


Привычные области формирования очаговой гипертермии после повторных травм и физической нагрузки

Температура коры головного мозга хоккеистов перед матчем (А и А1) и после (Б и Б1)



Спортсмен Ш., 24 лет, в анамнезе 7 легких ЧМТ, амплуа - вратарь. После игры: установочный нистагм, неустойчивость в позе Ромберга, получение ЧМТ не зафиксировано. Очаг гипертермии является следствием ЧМТ, полученных за два дня до исследования во время матча .

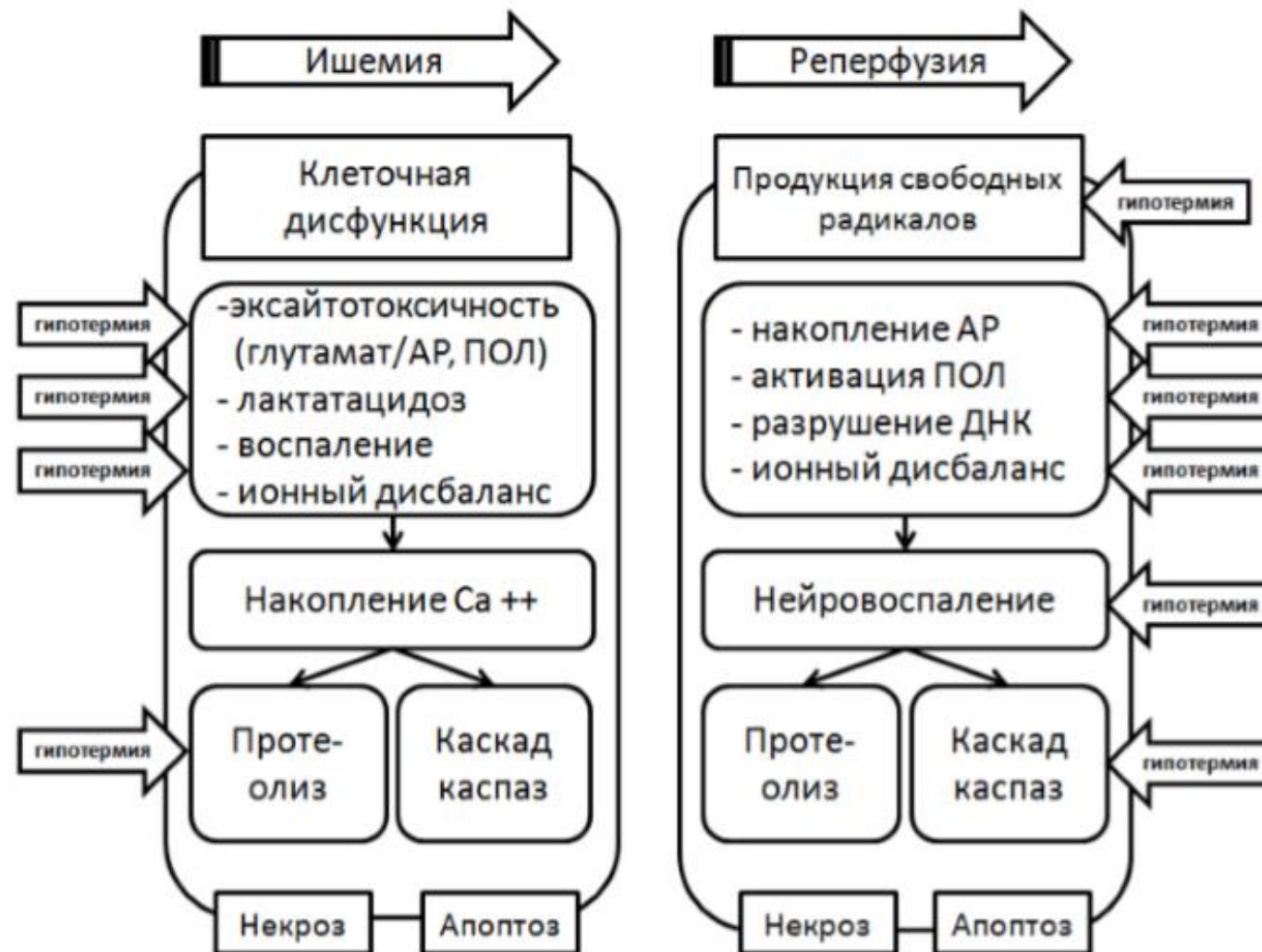


Спортсмен А., 26 лет, в анамнезе 4 легкие ЧМТ, амплуа – нападающий. После игры: неврологической симптоматики не выявлено. В процессе игры зафиксированы 2 столкновения и 1 падение.

КРАНИОЦЕРЕБРАЛЬНАЯ ГИПОТЕРМИЯ (КЦГ)



Аппарат терапевтической
гипотермии АТГ-01

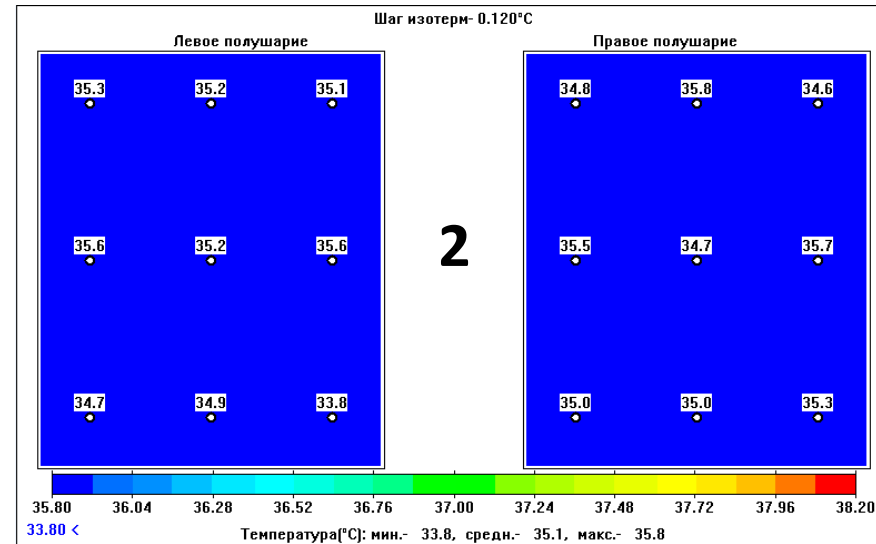
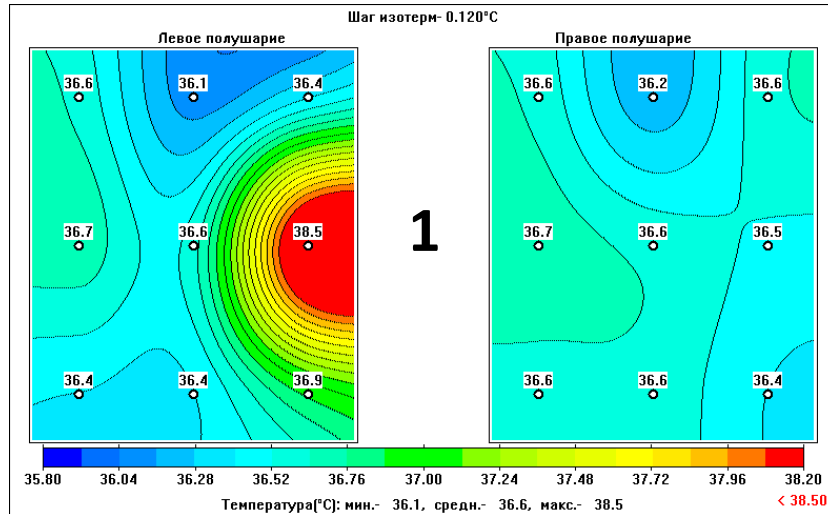


по Lampe P., Bekker C., 2016

Селективная гипотермии коры больших полушарий при ОНМК

- Уменьшение летальности пациентов с ОНМК (NIHSS 12-24) на 34,1%, купирование церебральной гипертермии и нейрогенной лихорадки (Чебоксаров Д.В., 2015).
- Уменьшение летальности пациентов с ОНМК (NIHSS 16-28) на 27%, улучшение функционального результата на 90-ый день (Rankin), системные гемодинамические эффекты (АД, МОК), снижение общего метаболизма на 18%, отсутствие влияния на показатели КОС, электролиты, кровь (Торосян Б.Д., 2018).
- Уменьшение летальности при ОНМК (NIHSS 8-16) на 48%, снижение неврологического дефицита на 34%, улучшение церебральной гемодинамики в пораженном полушарии (УЗДГ), снижение числа пневмоний в 2,7 раза (Шаринова И.А., 2019).
- **Критерии включения: ОНМК после нейровизуализации первые 12 часов, может применяться после реваскуляризации у пациентов с любым уровнем сознания сознания.**
- **Критерии исключения: аритмии, САД < 90 мм рт ст, ЧСС < 50 у/мин, Т баз. < 36°C.**
- **Снижение неврологического дефицита происходит в первую очередь за счет повышения уровня бодрствования и объема выполнения команд.**

Температура коры больших полушарий после спарринга (1) и через 1 час КЦГ (2)



В покое Δt горячие/холодные области мозга
1,5-2°C

После спарринга Δt горячие/холодные
области мозга > 2,0°C

После КЦГ Δt горячие/холодные области
мозга ~ 1,5°C

Кубок России по боксу, Екатеринбург, 2021

Изменения температуры тела (Т баз), левого и правого полушарий (ЛП, ПП) при выполнении теста РWC-170, КЦГ, и теста РWC-170 после КЦГ

	Т баз	ЛП (средняя)	ПП (средняя)
До нагрузки	$36,21 \pm 0,07$	$36,46 \pm 0,08$	$36,58 \pm 0,07$
После нагрузки	$37,67 \pm 0,06$	$38,12 \pm 0,09$	$38,17 \pm 0,08$

Динамика Т°С до и после нагрузки.

	Т баз	ЛП (средняя)	ПП (средняя)
До гипотермии	$36,33 \pm 0,06$	$36,08 \pm 0,07$	$36,64 \pm 0,08$
После гипотермии	$36,23 \pm 0,06$	$34,82 \pm 0,06$	$34,77 \pm 0,07$

Динамика Т°С до и после КЦГ.

	Т баз	ЛП (средняя)	ПП (средняя)
До РWC	$36,33 \pm 0,06$	$36,08 \pm 0,08$	$36,64 \pm 0,08$
После РWC	$37,23 \pm 0,03$	$37,77 \pm 0,07$	$37,80 \pm 0,07$

Динамика Т°С после нагрузки на фоне предварительной гипотермии.

Технология применения микроволновой радиотермометрии для диагностики тяжести спортивных ЧМТ и оценки эффективности реабилитационных мероприятий

- Антенну устанавливают на кожу головы и последовательно проводят измерения в 9-ти симметричных областях каждого полушария (18 областей измерения), что позволяет выявить особенности распределения температуры в коре больших полушарий и построить термокарту коры мозга. Время измерения в одной области составляет 5-10 сек, время полного исследования и построения термокарты 5-7 минут.
- Анализ термокарты:
 1. Разница температуры (ΔT) между относительно холодными и разогретыми областями коры мозга более $2,5^{\circ}\text{C}$ свидетельствует о получении ЧМТ даже при отсутствии неврологической симптоматики. На следующей тренировке после этого события необходимо провести термометрию в целях определения степени восстановления спортсмена. Факт получения травмы следует фиксировать и учитывать при составлении программы тренировок и соревнований.
 2. Обнаружение на термокарте до тренировки фокальной гипертермии при ΔT больше $2,5^{\circ}\text{C}$ свидетельствует о том, что спортсмен не восстановился после ранее полученной ЧМТ. Следует продлить период восстановления и назначить соответствующую терапию.
 3. Обнаружение фокальной гипертермии при ΔT больше $2,5^{\circ}\text{C}$ после физической нагрузки и без получения травмы свидетельствует о том, что спортсмен не восстановился после ранее полученной ЧМТ. Следует продлить период восстановления и назначить соответствующую терапию.

Технология применения КЦГ для предупреждения осложнений спортивных ЧМТ и применения в комплексе реабилитационных мероприятий.

- Длительность процедуры выбирают в зависимости от поставленных задач:
1. При получении легких ЧМТ и при развитии фокальной гипертермии коры мозга, установленной с помощью микроволновой радиотермометрии, рекомендуется процедура длительностью 45-60 минут, по окончании которой шлем снимают. Процедуру следует проводить как можно раньше после травмирования, но желательно не позже, чем через 60 минут.
 2. Для профилактики осложнений ЧМТ при спортивных эпизодах, в которых высок риск получения ЧМТ рекомендуется процедура длительностью 30-40 минут, которую следует провести за 30-60 минут до события.
 3. При проведении реабилитационных мероприятий после спортивных ЧМТ проводят ежедневные процедуры, длительностью 60 минут. Число процедур на курс 5-7.

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель руководителя Федерального
медико-биологического агентства

 Ю.В. Мирошникова

« 25 » 09 2019 г.

Дата введения – с момента утверждения

Система стандартизации в здравоохранении Российской Федерации
Группа 12. Требования к профилактике заболеваний, защите здоровья
населения от повреждающих факторов, охране репродуктивного здоровья и оказанию
медико-социальной помощи

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ
КРАНИОЦЕРЕБРАЛЬНОЙ ГИПОТЕРМИИ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ РАЗВИТИЯ
ОСЛОЖНЕНИЙ СПОРТИВНОЙ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЫ**

Методические рекомендации



Благодарю за внимание