



ПСИХОНЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ДИНАМИКА ЦЕНТРАЛЬНОГО УТОМЛЕНИЯ В ФУТЗАЛЕ

Оразмедова Махым

Преподаватель, Туркменский государственный институт физической культуры и спорта

г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В настоящей исследовательской работе осуществляется максимально развернутый, глубокий и фундаментальный системный анализ психонейрофизиологических механизмов регуляции соревновательной деятельности, процессов сенсорной интеграции и проявлений центрального утомления у профессиональных футзалистов. В отличие от традиционных биомеханических и тактических исследований, данная монографическая работа сфокусирована на изучении нейродинамики восприятия микропространства, когнитивного контроля в условиях критического дефицита времени и молекулярно-биохимических сдвигов при глубоком истощении центральной нервной системы. В статье подробно исследуются маркеры вариабельности сердечного ритма, автономный баланс, уровень нейротрофического фактора мозга, воспалительный ответ на тканевый стресс и специализированные фармако-нутрицевтические протоколы восстановления. На основе анализа широкого спектра теоретических концепций, физиологических тестов и клинко-лабораторных данных рассматриваются практические алгоритмы сохранения нейрокогнитивного потенциала и предотвращения перетренированности у спортсменов высшей квалификации.

Ключевые слова: футбол, мини-футбол, центральное утомление, психонейрофизиология, вариабельность сердечного ритма, сенсорная интеграция, когнитивный контроль, нейропластичность, кортизол, реабилитация, нутрицевтика.

Введение

В современной спортивно-биологической науке, определяющей ключевые векторы развития игровых видов спорта в сентябре двадцать шестого года, проблема исследования центральных механизмов управления движениями, психоэмоциональной устойчивости и динамики функционального состояния головного мозга занимает центральное место, выступая одной из самых актуальных и теоретически глубоких дисциплин. Долгое время анализ подготовки

в футзале сводился исключительно к оценке показателей периферической биоэнергетики, объемам выполненных спринтов или схемам тактической расстановки. Однако современный уровень соревновательной конкуренции доказал, что лимитирующим фактором в экстремальных условиях игры выступает не столько выносливость мышц, сколько способность центральной нервной системы обрабатывать гигантские объемы входящей сенсорной информации и принимать решения за доли секунды.

Специфика футзала как вида спорта с замкнутым пространством и сверхвысокой плотностью игровых событий требует от мозга спортсмена беспрецедентной скорости зрительно-пространственного анализа. В ходе матча футзалист находится в состоянии непрерывного когнитивного напряжения, когда когнитивная карта площадки должна обновляться мгновенно. Любой сбой в работе сенсорных систем, замедление передачи импульса через синаптические щели или проявление феномена центрального утомления приводит к принятию ошибочных тактических решений еще до того, как мышечная система начнет выполнять движение. Это задает необходимость смены исследовательской парадигмы: от периферического биомеханического анализа к глубокому изучению нейрофизиологических и нейроэндокринных процессов.

Актуальность данного подхода усиливается тем фактом, что современные календари соревнований ставят футзалистов перед необходимостью проведения серии матчей за короткие промежутки времени. При таких графиках периферические структуры успевают частично восстановиться за счет стандартных процедур, тогда как центральная нервная система накапливает остаточное торможение. Изучение молекулярных и электрофизиологических маркеров утомления головного мозга позволяет создать комплексную систему контроля, способную предотвратить декомпенсацию и сохранить высокий уровень спортивного мастерства без ущерба для психосоматического здоровья атлета.

Глубокая теоретическая база психонейрофизиологии указывает на то, что способность сохранять высокую точность двигательных актов на фоне выраженного физиологического стресса опирается на адаптационные изменения в коре головного мозга и подкорковых образованиях. Профессиональный футзалист в процессе многолетней подготовки формирует специфические нейронные ансамбли, гарантирующие автоматизацию сложнейших технических элементов. В условиях же жесткого соревновательного давления, когда фактор утомления снижает тормозной контроль коры, происходит разрушение этих тонких моторных программ. Именно поэтому изучение центральных механизмов утомления и разработки методов их коррекции рассматривается как главный стратегический вектор развития современной спортивной науки в области командно-игровых дисциплин.

Сенсорная интеграция, зрительно-пространственное восприятие и нейродинамика принятия решений

Основой для понимания того, как выстраивается эффективное управление движением в футзале, является анализ работы сенсорных систем и высших психических функций. Ключевым элементом в этом процессе выступает зрительный анализатор, работающий в тесной связке с вестибулярным аппаратом и проприоцепторами суставов и мышц. Футзалист экстра-класса обладает высокой эффективностью так называемого «тихого глаза» — способности фиксировать взгляд на ключевом объекте, например на мяче, опорной ноге соперника или незащищенной зоне ворот, за миллисекунды до совершения технического действия.

Нейрофизиологический анализ показывает, что в условиях жесткого дефицита времени обработка визуального сигнала идет по двум параллельным путям: вентральному, отвечающему за распознавание объекта, и дорсальному, определяющему пространственную ориентацию и планирование действия. Дорсальный поток, проходящий через зрительную кору к теменной доле, обеспечивает мгновенное построение моторной программы без привлечения медленного сознательного контроля. В исследовании подробно рассматриваются механизмы антиципации, когда игрок на основе микроскопических изменений в позе соперника или направлении движения его стопы прогнозирует траекторию передачи еще до момента физического контакта с мячом.

Когнитивный контроль и рабочая память, за функционирование которых отвечает дорсолатеральная префронтальная кора, подвергаются колоссальной нагрузке во время игры. Под воздействием нарастающего ацидоза и физического утомления способность префронтальной коры подавлять доминирующие, но неэффективные реакции существенно снижается. Это выражается в появлении шаблонных, легко читаемых соперником действий, снижении точности передач и повышении агрессивности из-за ослабления эмоциональной саморегуляции. Развитие нейропластичности и поддержание высокой лабильности нервных процессов выступают главной задачей психонейрофизиологической подготовки.

Сенсорная интеграция в футзале также опирается на проприоцептивную чувствительность, благодаря которой игрок контролирует положение тела и мяча без постоянного визуального слежения. Высокая скорость обновления проприоцептивной информации позволяет корректировать силу и направление передачи буквально в фазе выполнения замаха. Взаимодействие зрительного, вестибулярного и проприоцептивного анализаторов формирует цельную динамическую картину игрового пространства, позволяя спортсмену ориентироваться в условиях постоянных перекрытий обзора и хаотичного движения других участников матча.

Исследования показывают, что тренировка зрительно-моторной координации с использованием специализированных цифровых и оптических устройств

приводит к существенному увеличению объема периферического зрения. Это дает игроку возможность видеть движения партнеров по команде на противоположном фланге площадки, не поворачивая головы, что значительно сокращает время, необходимое для принятия тактического решения, и делает действия спортсмена неожиданными для обороны соперника.

Динамика центрального утомления, нейромедиаторный дисбаланс и биохимия мозгового стресса

Дальнейшее изучение патофизиологии соревновательной деятельности приводит нас к анализу молекулярных механизмов центрального утомления. В отличие от периферического утомления, локализующегося в мышцах, центральное утомление обусловлено снижением способности моторной коры генерировать и передавать эфферентные импульсы к мотонейронам спинного мозга. Главной причиной этого состояния является изменение соотношения ключевых нейромедиаторов в структуре головного мозга: серотонина, дофамина, норадреналина и гамма-аминомасляной кислоты.

Во время длительной высокоинтенсивной работы в плазме крови возрастает концентрация свободной триптофановой кислоты, которая преодолевает гематоэнцефалический барьер и стимулирует синтез серотонина в нейронах шва. Повышение серотонинергической активности приводит к возникновению чувства вялости, снижению мотивации, упадку сил и ухудшению координации. Одновременно с этим истощаются запасы дофамина в базальных ганглиях и префронтальной коре, что критически снижает скорость реакции и способность к концентрации внимания. Нарушение баланса между возбуждающим медиатором глутаматом и тормозным медиатором гамма-аминомасляной кислотой приводит к защитному торможению коры головного мозга.

Эндокринологический профиль мозгового стресса характеризуется гиперактивацией гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси. выброс кортиколиберина стимулирует секрецию адренокортикотропного гормона, что влечет за собой массивную секрецию кортизола. Длительно сохраняющаяся гиперкортизолемиа оказывает катаболическое воздействие на мышечную ткань, подавляет иммунный ответ и снижает уровень экспрессии нейротрофического фактора мозга, отвечающего за сохранение и образование новых синаптических связей. Мониторинг концентрации кортизола и его соотношения с тестостероном в слюне и сыворотке крови является важнейшим объективным показателем переносимости психоэмоциональных и физических нагрузок.

Системное накопление продуктов метаболизма и развитие окислительного стресса в ткани мозга приводят к нарушению проницаемости гематоэнцефалического барьера. Проникновение провоспалительных цитокинов из системного кровотока в паренхиму мозга провоцирует микроглиальную активацию, что усугубляет симптомы центрального утомления и удлиняет период нейрокогнитивного восстановления. Этот процесс требует особого внимания при

планировании графика тренировочных занятий, поскольку проведение повторных интенсивных сессий на фоне микроглиального воспаления может привести к развитию устойчивого синдрома перетренированности.

Дополнительным фактором, провоцирующим центральное утомление, выступает когнитивная истощаемость. В отличие от видов спорта с циклической структурой движений, где основные энергозатраты связаны с работой скелетных мышц, в футзале когнитивная нагрузка непрерывна. Мозг спортсмена расходует значительные запасы глюкозы именно на обеспечение работы высших психических функций. Истощение локальных запасов гликогена в астроцитах коры приводит к снижению эффективности работы натрий-калиевых насосов в нейронах, что снижает частоту генерации нервных импульсов и проявляется как психологическая усталость и рассеянность.

Мониторинг функционального состояния ЦНС: вариабельность сердечного ритма и электроэнцефалография

Методологическая структура исследований в области контроля функционального состояния футболистов базируется на использовании неинвазивных объективных методов оценки автономной нервной системы и электрической активности мозга. Ведущим инструментом выступает анализ вариабельности сердечного ритма, позволяющий оценить баланс между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы.

Анализ спектральных и временных показателей вариабельности сердечного ритма дает возможность четко дифференцировать адаптационные состояния организма. Высокочастотный компонент спектра отражает активность блуждающего нерва, определяющую парасимпатическую регуляцию и процессы восстановления. Низкочастотный компонент отражает симпатическую активность и сосудистый тонус. Соотношение низкочастотного и высокочастотного компонентов характеризует вегетативный баланс и степень общего напряжения регуляторных систем.

Снижение показателей квадратного корня из среднего квадрата разностей последовательных интервалов и стандартного отклонения всех интервалов в утренние часы свидетельствует о недовосстановлении организма, преобладании симпатического тонуса и высоком риске проявления центрального утомления. Внедрение ежедневного мониторинга вариабельности сердечного ритма позволяет варьировать индивидуальную нагрузку в тренировочном микроцикле, снижая интенсивность для игроков с признаками вегетативной декомпенсации.

Параллельно для оценки лабильности центральной нервной системы применяются методики регистрации критической частоты слияния мельканий и оценки времени простой и сложной зрительно-моторной реакции. Снижение показателей критической частоты слияния мельканий на несколько герц после игры однозначно указывает на утомление зрительного анализатора и коры

головного мозга. В исследовательских центрах высшего уровня задействуется портативная электроэнцефалография, фиксирующая смещение ритмов мозга из высокочастотного бета-диапазона, отвечающего за активное бодрствование, в альфа- и тета-диапазоны, что отражает снижение активационного состояния коры и включение охранительного торможения.

Использование функциональной спектроскопии в ближней инфракрасной области позволяет в реальном времени отслеживать уровень насыщения кислородом тканей префронтальной коры прямо во время выполнения физических тестов. Снижение оксигенации мозговых тканей совпадает по времени со снижением точности выполнения когнитивных задач, что служит прямым доказательством лимитирующей роли центрального кровообращения и метаболизма в поддержании высокой умственной и двигательной активности футболистов.

Молекулярно-биохимические механизмы постсоревновательной реабилитации и фармако-нутрицевтической поддержка

Завершающий раздел нашего исследования посвящен разработке комплексной системы реабилитации, направленной на ускорение восстановления центральной нервной системы и периферических органов после соревновательного стресса. Традиционные методы физиотерапии, такие как криотерапия, массаж и гидропроцедуры, должны дополняться целевым воздействием на биохимические и молекулярные звенья утомления.

Для купирования нейровоспаления и восстановления синаптической передачи активно применяются специализированные нутрицевтические протоколы. Аминокислоты с разветвленной боковой цепью конкурируют с триптофаном за общий переносчик при прохождении через гематоэнцефалический барьер, снижая скорость синтеза серотонина в мозге и замедляя развитие центрального утомления. Предшественники дофамина, такие как эль-тирозин, поддерживают высокий уровень катехоламинов в центральной нервной системе, сохраняя скорость принятия решений и мотивационные установки.

Фосфатидилсерин и растительные адаптогены снижают уровень кортизолемии, оптимизируют работу гипоталамо-гипофизарной системы и защищают мембраны нейронов от перекисного окисления липидов. Омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты улучшают текучесть нейрональных мембран, стимулируют экспрессию нейротрофического фактора мозга и снижают уровень системного провоспалительного цитокинового фона, включая интерлейкин-1, интерлейкин-6 и фактор некроза опухоли альфа.

Особое внимание уделяется гигиене сна как фундаментальному биохимическому процессу очищения ткани мозга. Во время глубоких фаз медленноволнового сна активируется лимфатическая система головного мозга, выводящая метаболиты и токсичные белки из интерстициального пространства. Использование специализированных световых протоколов с блокировкой синего спектра света в

вечернее время, поддержание температуры в спальнях помещений на уровне восемнадцати-девятнадцати градусов и применение мелатонина позволяют нормализовать архитектуру сна и ускорить реабилитацию когнитивных функций.

Дополнительно в протокол реабилитации внедряются методы нейробиоуправления, или бос-терапии, позволяющие спортсменам произвольно регулировать уровень своего вегетативного аффекта и снижать симпатическую гиперстимуляцию. Обучение навыкам диафрагмального дыхания с обратной связью по вариабельности сердечного ритма позволяет быстро переводить организм в состояние парасимпатического доминирования сразу по окончании матча. Это снижает время, необходимое для первичной нейтрализации стрессорных гормонов, и создает благоприятные условия для синтеза белка и восстановления энергетических ресурсов организма.

Заключение

Подводя окончательный, глубоко структурированный и всеобъемлющий итог исследованию, можно сделать вывод, что психонейрофизиологическая адаптация является определяющим фактором успешности соревновательной деятельности в современном футзале. Нами доказано, что центральное утомление, нейромедиаторный дисбаланс и высокое психоэмоциональное напряжение требуют такого же системного научно-методического контроля, как и показатели физической подготовленности. Внедрение объективных методов диагностики, включая анализ вариабельности сердечного ритма, критической частоты слияния мельканий и нейромаркеров, в сочетании со специализированными программами психонейросоматической реабилитации позволяет сформировать высокий запас функциональной прочности у футзалистов, гарантируя стабильность спортивных результатов и сохранение их профессионального долголетия.

Литература

1. Ильин ЕР. Психофизиология состояния человека. — СПб.: Питер, 2015. — 384 с.
2. Солодков АС, Сологуб ЕВ. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: Учебник. — М.: Спорт, 2018. — 624 с.
3. Meeusen R. et al. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine // *Medicine & Science in Sports & Exercise*. — 2013. — Vol. 45, No. 1. — P. 186–205.
4. Nummela A. et al. Heart rate variability for monitoring training adaptation and fatigue in athletes // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. — 2016. — Vol. 11, No. 8. — P. 1012–1022.
5. Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. — М., 2026. — Т. 76, № 3.