

роса и психофизиологического тестирования, выявлены особенности корреляционных взаимосвязей между основными параметрами ЭЭГ и психофизиологическими показателями у детей старшего школьного возраста с различными проявлениями аддикций и без них. Регистрация ЭЭГ проводилась на компьютерном электроэнцефалографе «Нейрон-Спектр 3» (Россия, г. Иваново). Результаты, полученные при анализе ЭЭГ у юношей с различной степенью аддиктивных проявлений, позволили установить, что средние показатели дельта-ритма у юношей без аддикции:  $A$  полн.,  $S$  полн.,  $F$  домин.,  $F$  сред. и индекса были ниже по сравнению с показателями лиц с аддикцией. Однако статистически достоверное замедление дельта-активности было отмечено только в показателе  $F$  домин. ( $p < 0,05$ ). Корреляционные взаимосвязи в этом частотном диапазоне между показателями дельта-ритма у юношей с аддикцией и без аддикции были наиболее слабыми. Усиление показателей тета-ритма у юношей с аддикцией по сравнению с юношами без аддикции наблюдалось в показателях:  $A$  макс.,  $S$  макс.,  $A$  сред.,  $S$  сред.,  $A$  полн.,  $S$  полн.,  $F$  домин., а также в показателях индекса ( $p < 0,05$ ) и незначительное снижение частоты средней ( $F$  ср.), что можно трактовать как признак состояния мобилизации внутренних ресурсов организма (Lorig T. S., 1989). По другим литературным данным (John R., 1995), увеличение полной мощности медленноволновой активности на ЭЭГ является признаком снижения работоспособности и психической выносливости. Следовательно, повышение полной мощности в режиме дельта- и тета-диапазона у юношей с аддикцией может рассматриваться как действие неблагоприятных факторов на организм. У юношей корреляционные связи между одноименными показателями ритмов с аддикцией и «без» были преимущественно положительные — средней и слабой силы, в то время как у девушек с аддикцией и «без» преобладали положительные корреляции сильной и средней степени. Данное обстоятельство могло бы свидетельствовать о более высокой стабильности ритмов ЭЭГ у девушек. Проявления «аддиктивных изменений» у юношей в показателях альфа-ритма были выражены слабо, однако в этом диапазоне частот у школьников имела место положительная высокая степени взаимозависимость корреляционных показателей в обеих исследуемых группах (с аддикцией и «без»). В низкочастотном бета-ритме у юношей без аддикции наблюдалось снижение активности в показателях:  $A$  макс. ( $p < 0,05$ ),  $A$  сред. ( $p < 0,01$ ),  $A$  полн. ( $p < 0,05$ ) и  $S$  полн. ( $p < 0,01$ ). В показателях высокого бета-ритма:  $A$  макс.,  $S$  макс.,  $A$  полн.,  $S$  полн. и индекса отмечалась общая, но статистически недостоверная тенденция к снижению показателей в группе без аддикции в сравнении с группой с аддиктивными проявлениями. В этих диапазонах ЭЭГ также наблюдалась высокой степени корреляционная взаимосвязь между показателями рит-

мов. У девушек при анализе электроэнцефалограммы по всем параметрам дельта-ритма, так же как и у юношей, наблюдалась статистически недостоверная, слабо выраженная тенденция к повышению всех средних показателей в группе с аддиктивными проявлениями и слабая степень корреляционной зависимости между показателями ритма в обеих исследуемых группах (с аддикцией и «без»). При анализе показателей тета-ритма у девушек отмечено выраженное повышение показателей в группе с аддикцией ( $p < 0,001$ ), за исключением  $F$  домин. и  $F$  ср. При этом наблюдалась преимущественно высокая и средняя степень взаимосвязи показателей в обеих группах (с аддикцией и «без») ( $r = 0,80$ ;  $r = 0,63$ ). Результаты сравнения показателей альфа-ритма в обеих группах (с аддикцией и «без») у девушек позволили установить статистически достоверное повышение показателей в группе с аддикцией между  $A$  сред. ( $p < 0,01$ ),  $S$  сред. ( $p < 0,01$ ),  $A$  полн. ( $p < 0,01$ ). При этом наблюдалась высокая степень взаимосвязи между показателями этого ритма в обеих группах ( $r = 0,66 - 0,84$ ). По всем показателям низкочастотного бета-ритма ( $A$  макс.,  $S$  макс.,  $A$  сред.,  $S$  сред.,  $A$  полн.,  $S$  полн., кроме  $F$  домин. и индекса) у девушек наблюдалось повышение средних параметров в группе с аддикцией по сравнению с группой без аддикции. Результаты были статистически достоверны ( $p < 0,05$ ). Корреляционные связи между показателями низкочастотного бетаритма у девушек более многочисленны и более высокой степени достоверности, чем аналогичные взаимосвязи у юношей в этом диапазоне. Показатели бета-ритма высокой частоты у девушек сохраняли только общую тенденцию к их снижению в группе без аддикции. Статистически достоверное изменение наблюдалось в показателе  $A$  сред. ( $p < 0,04$ ). Корреляционные связи были средней силы ( $r = 0,51 - 0,57$ ).

УДК 612.015.3:007:577.15

#### БИОИНФОРМАЦИОННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ЭНЗИМОКРИСТАЛЛОМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СТАТУСА ОРГАНИЗМА

А. К. Мартусевич, А. Г. Соловьева

*Нижегородский научно-исследовательский институт  
травматологии и ортопедии Росмедтехнологий*

Разработана биоинформационная концепция энзимокристалломического мониторинга метаболического статуса организма.

*Ключевые слова:* метаболический статус, энзимокристалломический мониторинг, биоинформационная концепция.

В настоящее время предложены, разработаны и внедрены в практическое здравоохранение многочисленные лабораторные и инструментальные методы исследования широкого спек-

ра показателей, характеризующих состояние отдельных физиологических функций и/или биохимических процессов, тогда как интегральные способы изучения метаболической биоинформации представлены недостаточно. Последние базируются сейчас преимущественно на методическом аппарате адапталогии, который включает мониторинг деятельности кардиореспираторной системы, производные гематологические индексы, комплекс провокационных тестов и некоторые другие подходы. В то же время молекулярному уровню исследования метаболических процессов уделяется недостаточно внимания. Поэтому принципиальным остается вопрос поиска и изучения возможностей новых диагностических технологий, которые позволяли бы оценивать метаболический статус здорового человека и пациента с системных позиций.

Ключевым моментом классической биохимии является тезис об обязательности участия ферментативного катализа в протекании метаболических процессов организма. Поэтому одним из основных принципов в разработке интегрального способа метаболического мониторинга, с наших позиций, должна стать энзимодиагностика, причем важным представляется выбор убиквитарного (для организма человека и животных) фермента, имеющего превалирующее представительство в печени. Этим условиям вполне удовлетворяют оксидоредуктазы, в частности, лактатдегидрогеназа (ЛДГ), альдегиддегидрогеназа и алкогольдегидрогеназа. В связи со всем вышеперечисленным в качестве первого компонента тест-системы нами предлагается исследование активности прямой и обратной реакций катализируемой ЛДГ в различных биосредах (прежде всего в сыворотке крови) и гомогенатах органов и тканей. Последний аспект преимущественно может быть реализован в диагностике модельных состояний у лабораторных животных. На основании мультипараметрической оценки активности ЛДГ и других оксидоредуктаз по биохимически (активность, константа Михаэлиса и др.) и физиологически (коэффициент распределения, соотношение активности в различных биосубстратах и т. д.) ценным параметрам представляется возможным получение сведений, которые впоследствии (при дополнительной математической обработке) имеют важное значение в интегральной оценке метаболического статуса организма.

Несмотря на центральную роль энзимов в организации функционирования обмена веществ, изолированное их использование не всегда позволяет достичь необходимого диагностического ре-

зультата вследствие того, что многие физиологические состояния связаны с нарушением структуры и/или функции специфических ферментов. Это обстоятельство существенно затрудняет подбор универсального индикаторного энзима, требуя значительного расширения спектра анализируемых ферментов.

Поэтому энзимологические исследования нами были дополнены методами молодой биомедицинской дисциплины — биокристалломики, изучающей биоассоциированный кристаллогенез в норме и при патологии. На достаточно обширном материале нами и другими исследователями показана диагностическая ценность кристаллоскопического анализа дегидратированных биологических субстратов при выявлении отдельных патологических состояний (Мартусевич А. К., 1999—2008; Савина А. В., 1999; Шабалин В. Н., Шатохина С. Н., 2001; Воробьев А. В., Мартусевич А. К., Перетягин С. П., 2008). Имея 15-летний опыт исследований в этой области, мы применили метод расширенной тезиокристаллокопии биосред как дополнительный интегральный способ оценки метаболического статуса организма. Он позволяет одновременно оценивать собственные кристаллогенные свойства любого биологического материала (сыворотки и плазмы крови, слюны, мочи, пота, ликвора, слезной и внутриглазной жидкостей, желудочных сока и слизи, копрофильтрата, спермы, лимфы и др.) и его модулирующую активность в отношении кристаллообразования различных веществ. Применение последних дает возможность моделировать сокристаллизацию биосубстрата и базисного соединения в переменных условиях макроокружения (ионный состав, pH, осмолярность и т. п.). Кроме того, в целях максимальной объективизации оценка результатов свободного и инициированного кристаллогенеза биосред производится критерияльно и дополнительно верифицируется спектрометрией образовавшихся биокристаллов со специально подобранным диапазоном длин волн, а также путем регистрации динамики процесса кристаллообразования методом акустомеханического импеданса высыхающих капель (совместно с Институтом прикладной физики РАН). Диагностически значимым результатом биокристаллоскопических исследований является специфический для конкретного состояния «паттерн»-показатель.

В целом, предлагаемая концепция энзимокристалломониторинга базируется на комплексной оценке ферментативной активности и кристаллогенных свойств биосубстратов организма.