

ДЕТСКАЯ НЕВРОЛОГИЯ И НЕЙРОРЕАБИЛИТАЦИЯ: НАСКОЛЬКО В НИХ ВОСТРЕБОВАНЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ НЕЙРОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ?

В.И. Доценко

Научный центр здоровья детей РАМН, Научно-медицинская фирма «Статокин», Москва, Россия

Восстановительное лечение двигательных нарушений при малопрогрессирующих заболеваниях нервной системы предусматривает, как минимум, качественно выполненный дифференциально-диагностический этап работы с пациентом. В первую очередь, речь идёт об отграничении ряда нервно-мышечных заболеваний наследственной природы, фенотипически схожих с детским церебральным параличом (ДЦП) и некоторыми другими заболеваниями детского и подросткового возраста. К сожалению, приходится констатировать большое количество случаев направления в клиники и центры восстановительного лечения под маской ДЦП пациентов с прогрессирующими нервно-мышечными заболеваниями, с наследственной патологией соединительной ткани типа синдрома Черногубова-Элерса-Данлоса и некоторыми другими синдромами. Отсутствие ясной диагностической стратегии не позволит в планируемые сроки лечения конкретного больного получить максимально выраженный и стойкий эффект с гарантией того, что во время лечения не разовьётся комплекс побочных реакций и осложнений или перенапряжение системы адаптивной регуляции пациента.

Многие из упомянутых выше наследственных нервно-мышечных и дисметаболических заболеваний являются противопоказанием к осуществлению достаточно жёсткой стратегии восстановительного лечения двигательных расстройств, которая определилась в последние годы для больных ДЦП и другими заболеваниями ЦНС. Эта стратегия напрямую связана с внедрением новых эффективных методов реабилитации — например, динамической проприоцептивной коррекции с использованием рефлекторно-нагрузочных устройств, специально отработанных приёмов мануальной терапии, функциональной электростимуляции мышц во время ходьбы и других методов лечения, основанных на рефлекторных принципах.

Более того: нередко в нашей практике наблюдались случаи сочетания перинатального поражения нервной системы, трансформировавшегося в дальнейшем в одну из спастических форм ДЦП, и какого-либо варианта реже встречающихся наследствен-

ных нервно-мышечных заболеваний, чаще всего, одного из вариантов наследственных моторно-сенсорных невропатий — невралной амиотрофии типа Шарко-Мари или Русси-Леви. В клинической картине этих больных ярко доминировали симптомы центрального поражения с формированием более-менее характерного для ДЦП патологического двигательного стереотипа (спастический тетрапарез, гиперрефлексия, ярко выраженные патологические рефлексы, синергии и синкинезии). Поражение же периферического нейромоторного аппарата чаще всего определялось врачом значительно позже, в период интенсивного лечения, иногда — накануне предполагаемой ортопедо-хирургической операции. Некоторых пациентов удавалось отменить от оперативного лечения в последний момент, в буквальном смысле — снять с операционного стола. Диагностика сопутствующего поражения периферического нейромоторного аппарата в этих случаях — при действительно

сложной в диагностическом плане клинической ситуации — была обусловлена исключительно богатым клиническим опытом лечащего врача, усомнившегося в наличии только лишь резидуального процесса и неудовлетворённого динамикой состояния пациента в ходе реабилитации. Каким образом в этой ситуации расставить приоритеты при построении лечебной тактики: отдать предпочтение более мягким методам, учитывая наличие прогрессирующего процесса, или все же руководствоваться отработанной и зарекомендовавшей себя «жёсткой» тактикой ведения «классического» пациента с исключительно перинатальным поражением ЦНС? Научно-технические разработки последнего десятилетия, выполненные в **Научно-медицинской фирме «Статокин»**, позволяют ответить на многие вопросы диагностики и последующего построения грамотной программы восстановительного лечения пациентов с различной психоневрологической, ортопедической и соматической патологией.

Приведённые выше рассуждения подчёркивают неуклонно растущую роль **дифференциально-диагностического блока электро-нейромиографических (ЭНМГ) исследований** в диагностической тактике реабилитационного учреждения, так как не во всех случаях имеет место тщательное обследование пациента на предыдущем этапе.

Базисным методом ЭНМГ-диагностики является анализ потенциалов двигательных единиц методом локальной (игольчатой) регистрации с определением на основе

этого анализа стадии денервационно-реиннервационного процесса в конкретной мышце и, следовательно, установлением факта деструктивного процесса в мышце с его количественной интерпретацией. Успехи данного метода в России связаны, безусловно, с исследованиями профессора Б.М. Гехта и его школы, а широкое внедрение анализа потенциалов двигательных единиц в практику реабилитационных учреждений является заслугой Российского НМЦ восстановительного лечения детей с церебральными параличами, руководимого профессором К.А. Семёновой.

Многолетний практический опыт продемонстрировал оптимальное воплощение методов ЭНМГ для использования в детской практике в **компьютерном электронейромиографе «Нейромиограф»** (разработка и производство НМФ «Статокин»).

В качестве примера приведём исследования больных с миелодиспластическими деформациями нижних конечностей. Привлечение локальной ЭНМГ-диагностики позволило осуществить чёткую дифференциацию этой группы пациентов с больными, имеющими истинные ортопедические деформации (врождённая косялапость, врождённые дисплазии тазобедренных суставов) без присутствия миелодиспластического компонента (В.И. Доценко, К.А. Семёнова, 1990). Дифференцированная тактика восстановительного лечения в этих группах пациентов определила резкое снижение осложнений этапного гипсования и оперативного лечения (рецидив деформаций, трофические нарушения и расхождение швов в послеоперационном периоде).

Ярким примером индивидуального подхода в определении лечебной тактики служит наблюдение пациента с невральной амиотрофией Шарко-Мари, протекавшей по типу преимущественного развития резкой варусной деформации стоп с опорой пациента во время стояния и шага на их тыльные поверхности. Являясь в принципиальном плане (из-за риска послеоперационных трофических осложнений) противопоказанием к проведению радикальной реконструктивной операции на

стопах, в данном случае невральная амиотрофия динамическим ЭНМГ-наблюдением была чётко квалифицирована с позиций течения денервационно-реиннервационного процесса. Выждав вполне завершившийся, т.н. «холодный» период в состоянии мышечной системы и проведя после интенсивной фармакологической предоперационной подготовки реконструктивную операцию на стопах, получили хороший и стойкий результат, подтверждаемый катамнестическим наблюдением пациента в течение нескольких лет.

Детерминация нозологической сущности заболевания, его квалификация исключительно в рамках резидуального процесса и исключение нервно-мышечной патологии отнюдь не снимают вопросов переносимости «традиционным» пациентом центра восстановительной медицины всего планируемого объёма реабилитационной терапии. Особенно с учётом того, что в последние годы с внедрением в практику отечественного здравоохранения принципов страховой медицины наметилась тенденция к уменьшению продолжительности койко-дня при стремлении врача применить к пациенту полный объём методов восстановительного лечения. В этой ситуации риск срыва адаптивных реакций пациента, особенно ребёнка или подростка, весьма велик.

Нами разрабатывается концепция учёта клинко-инструментальных показателей такого базисного состояния организма, как **статокинетическая устойчивость (СКУ)**, в качестве интегральной характеристики психоневрологического здоровья человека, переносимости им нагрузок бытового характера и нагрузок, связанных с лечебным процессом.

Ведущим инструментальным методом оценки СКУ служит **компьютерная статокинезиметрия (стабилометрия)**, выполняемая при помощи стабилометрических анализаторов отечественного или зарубежного производства. Одним из удачных вариантов такой медицинской техники является широко распространённый в России отече-

ственный аппаратно-программный комплекс — **Стабилометрический анализатор «Статокинезиметр — СтабилАн»** (совместная разработка ОКБ «Ритм» — НМФ «Статокин»).

При проведении стабилометрии учитывается роль отдельных анализаторных систем (слуха, зрения, дополнительной проприоцептивной нагрузки или депривации этой же модальности, оценка роли мандибулярного и плантарного афферентных входов) в удержании вертикальной позы. Квалификация возможности выполнения пациентом произвольных позно-синергетических движений программного и следящего типов, степени устойчивости к оптокинетикической провокации и к дозированным толчкам пациента с анализом переходных процессов стабилизации вертикальной позы, привлечение некоторых других методических приёмов — всё это позволяет объективно характеризовать СКУ пациента.

На основе анализа векторов линейной скорости статокинезиграмм, нового перспективного метода анализа стабиграфического сигнала (В.И. Усачёв, 2000), разработан интегральный показатель адаптации человека к гравитационному окружению — «качество функции равновесия» (КФР). Существует возможность проследивать достаточно чувствительные к любому воздействию показатели СКУ на этапах восстановительного лечения. Диагностическая ценность указанного исследования возрастает при синхронной оценке степени напряжённости регуляции сердечного ритма методом вариационной пульсометрии (кардиоинтервалографии) по Р.М. Баевскому.

Универсальное значение интегрального показателя **КФР** подтверждается и таким фактом: в отличие от других характеристик векторного анализа именно процентная величина КФР в последовательно зарегистрированных статокинезиграммах одного человека (когда его функциональное состояние за относительно короткий промежуток времени не успело существенно измениться) является практически одинаковой. Наблюдается минимальная вариативность показателя

КФР, подчёркивая его высокую информативность для оценки поддержания позы.

Другой показатель векторного анализа статокинезиграммы — **коэффициент резкого изменения направления движения (КРИНД)** — отображает степень оптимальности энергозатрат человека в процессе удержания вертикальной позы. У здорового человека функцию равновесия можно охарактеризовать как устойчивое неравновесие. Функционирует в этом поддерживающемся «неравновесии» преимущественно тоническая мускулатура, которая для предотвращения падения человека «мозаично» перераспределяет напряжение между различными группами мышц и осуществляет свой метаболизм в экономных с позиций энергопотребления анаэробных условиях. В результате столь целесообразной мышечно-тонической деятельности, без вовлечения в неё «быстрой» фазической мускулатуры, колебательный процесс центра давления стоп (ЦД) осуществляется по плавным дугам, с минимальными затратами энергии, что и характеризует нормальное, комфортное в субъективном плане стояние здорового человека. В математическом плане вычисление показателя КРИНД заключается в процентном определении доли тех векторов, угол отклонения каждого из которых от направления предыдущего вектора составляет 45 градусов и более. Такое изменение направления движения ЦД ($\geq 45^\circ$) считается «резким», неоптимальным.

Таким образом, с привлечением для анализа качества позы регуляции показателя КРИНД, а также КФР и показателей напряжённости регуляции сердечного ритма методом вариационной пульсометрии по Р.М. Баевскому становится возможным оценить степень комфортности, т.н. «энергетическую стоимость» (а не «переплачиваем» ли мы?) такого многокомпонентного двигательного акта, каким является удержание вертикальной позы.

Особого внимания заслуживает изложение одного из прикладных лечебных методов, основанных на произвольной регуляции челове-

ком функций своего организма, — тренинга функций равновесия и статокинетической устойчивости методом биологической обратной связи, или — этот термин является предпочтительным — **Функционального биоуправления (ФБУ) по стабилотрамме (статокинезиграмме)**. Данный подход также подразумевает размещение пациента на описанной выше стабилотметрической платформе.

При осуществлении сеансов ФБУ по стабилотрамме стоящий на стабилотплатформе пациент под зрительным контролем положения на мониторе своего тела (в данном случае, ЦД) в увлекательной игровой ситуации управляет произвольными перемещениями ЦД, который в разных играх символизирует того или иного субъекта игровой сессии. Например, симпатичный щенок, управляемый перемещениями тела стоящего на платформе пациента, стремится догнать котёнка, перемещения которого на экране монитора генерируются самой компьютерной программой. И характеристики перемещения котёнка (скорость, частота и крутизна изменения направления движения), т.е. трудность двигательной задачи ФБУ-тренинга для пациента, задаются врачом в каждый сеанс тренировки избирательно, день ото дня повышая сложность двигательной задачи. Существует возможность результаты игровых сессий сохранять в компьютерной базе данных пациента, что позволяет количественно и качественно анализировать положительную динамику двигательной реабилитации на этапах восстановительного лечения.

Также в этой технологии ФБУ по стабилотрамме возможно использование двухплатформенного варианта с ещё более эффективным реальным соревнованием в успешности управления вертикальной позой и двигательной координацией сразу двух пациентов.

Выраженная мотивационная заинтересованность пациента в результатах игровой сессии выдвигает метод ФБУ по стабилотрамме в разряд одного из наиболее эффективных методов контроля функций организма на принципе биологической обратной связи.

Введение статокинезиметрических и сопряжённых с ними исследований в алгоритм наблюдения за пациентом на различных этапах реабилитации, включая амбулаторный, позволяет, помимо объективной количественной оценки одной из основных двигательных функций — удержания вертикальной позы, своевременно диагностировать срыв адаптивных реакций при предъявлении пациенту неадекватных его возможностям нагрузок терапии или при форсированном двигательном режиме.

Велика роль глазодвигательной системы в жизнедеятельности человека и для диагностики различных патологических состояний. Регулируется она сложной иерархией иннервационных механизмов, расположенных на разных уровнях нервной системы. Столь обширное представительство иннервационных механизмов двигательного аппарата глаз в нервной системе является причиной возникновения самых различных нарушений движений глаз при очаговых, диффузных и отчасти функциональных поражениях мозга. С другой стороны, высокая точность регистрации движений глаз и их чёткие корреляции с активностью локальных нейронных групп на разных уровнях нервной системы являются предпосылкой объективной топической диагностики в неврологии и других областях медицины (А.Р. Шахнович, 1974).

Для исследования глазодвигательной регуляции и для реабилитации её нарушений специалистами НМФ «Статокин» разработан **компьютерный комплекс «Окулостим»** (и его специализированная версия «Электронистагмограф»), позволяющие проводить полифакторное отоневрологическое и психофизиологическое тестирование с регистрацией и анализом высокоорганизованных глазодвигательных феноменов (плавная следящая функция глаз, саккады), а также различных видов вестибулярного и невестибулярного нистагма.

Приложение же к зрительному афферентному входу пациента **стимуляционных программ лечебной направленности** позволяет повысить



НАУЧНО-МЕДИЦИНСКАЯ ФИРМА
СТАТОКИН

Федеральная лицензия
№ 99-03-001264 от 29.08.2008

**Медицинская компьютерная техника
для неврологии, нейрофизиологии,
спортивной медицины и реабилитологии**

«Нейромиограф» – электронейромиограф (все виды игольчатой, глобальной и стимуляционной электронейромиографии) с регистрацией соматосенсорных, зрительных и слуховых вызванных потенциалов

«Нейромиостом» – электронейромиограф для стоматологии и косметологии

«Нейросенсор – Нейро-КМ» – электроэнцефалограф и анализатор вызванных потенциалов головного мозга; также проводится компьютеризация типовых электроэнцефалографов заказчика

«Статокинезиметр – СтабилАн» – стабилметрический анализатор для исследования функции равновесия и статокинетической устойчивости с синхронной кардиоинтервалографией, а также тренажёр для реабилитации двигательных координаторных нарушений методом биологической обратной связи

«Видеоанализ движений» – биомеханический комплекс для дистанционного изучения кинематики движений оптическими методами (компьютерный анализ видеоряда движений с построением двумерной и объёмной моделей) и мышечной активности

«Окулоstim» – комплекс для вестибулометрического, отоневрологического и психофизиологического тестирования с синхронной регистрацией и анализом движений головы, различных видов нистагма и других глазодвигательных феноменов; тренажёр для борьбы с головокружением

«Омега-Нейроанализатор» – комплекс для исследования классической ЭЭГ и сверхмедленной биоэлектрической активности головного мозга (Ω -потенциала)



«КомТЭГ» – анализатор функционального состояния организма и энергетики меридианов и БАТ пациента. Реализован эксклюзивный метод сопоставления тестов И. Накатани и К. Акабана с формированием индивидуальной рефлексотерапевтической рецептуры

«Пульс» – анализатор ритмической и фазовой структуры пульсовой волны магистральных артерий и состояния клапанного аппарата сердца с размещением над сосудом миниатюрного волоконно-оптического датчика давления; тибетская пульсодиагностика

«Саунд – ЧАЭС» – комплекс фонетико-психологического мониторинга особенностей личности и актуального психического состояния человека по акустическим параметрам речи

«Гармония» – ротационный компьютерный стенд для вестибулометрического тестирования в условиях пошагового эксцентриситета

«НейроБОСрелакс» – кабинет релаксации, психофизиологического регулирования и коррекции двигательных координаторных нарушений при заболеваниях нервной и опорно-двигательной систем методом биологической обратной связи

«АКорд – Мультимиостим» – функциональный программируемый электростимулятор мышц (8 каналов), адаптирующийся под темп ходьбы человека, для восстановительного лечения двигательных координаторных нарушений при ортопедо-неврологической патологии и для гармонизации пластики движений здоровых лиц, спортсменов

«Миомодель» – профессиональный микропроцессорный электростимулятор мышц (10 каналов) с возможностями ручного программирования нескольких режимов стимуляции

«Медаптон» – аппарат транскраниальной электростимуляции головного мозга (мезодиэнцефальной модуляции); повышает возможности адаптивной регуляции организма путём селективной активации опиоидной системы

- **Монтаж «под ключ» на базе заказчика**
- **Комплексное обучение пользователя**
- **Постоянная методическая поддержка**
- **Бесплатное обновление программного обеспечения**
- **Гибкое ценообразование и система скидок**

его статокинетическую устойчивость и адаптацию к постоянно меняющемуся зрительному окружению. Этот метод лечения выступает эффективным средством купирования и профилактики пароксизмальных состояний, в структуре которых ведущими клиническими симптомами являются головокружение, зрительные иллюзии и связанные с ними вегетативные нарушения.

Объективизация особенностей патологического двигательного стереотипа конкретного пациента и количественная оценка эффективности восстановительного лечения предполагают проведение **комплекса исследований кинематических характеристик ходьбы** в рамках традиционного биомеханического обследования. Инструментальные методы контроля локомоций используются в различных областях клинической и экспериментальной медицины, в нейрофизиологии, психологии и спорте. Кинематические, динамические и электромиографические характеристики движений количественно и качественно оценивают базисные механизмы организации локомоций человека, при двигательной патологии определяют величину отклонения от нормы, позволяют внести целенаправленную коррекцию в восстановительное лечение двигательных расстройств, оценить нагрузку на суставной и мышечный аппарат при выполнении различных двигательных действий в спорте.

Современным стандартом биомеханических исследований является бесконтактный **компьютерный видеоанализ движений**. Бесспорным преимуществом методов видеоанализа движений перед методами контактной биомеханики является отсутствие на теле пациента каких-либо датчиков и кабелей, в значительной степени ограничивающих свободное поведение человека и искажающих его естественный двигательный стереотип — приближенный к норме или патологический. Единственной отечественной разработкой для бесконтактного «оптического захвата» движения и его трёхмерного кинематического

анализа является **компьютерный комплекс «Видеоанализ движений»** (разработка и производство НМФ «Статокин»).

Видеоанализ движений целесообразен на всех этапах восстановительного лечения и с учётом концепции А.С. Витензона (1998; 1999; 2000) о двояком происхождении дефицита мышечной функции (ДМФ) при ряде патологических состояний и о дифференцированном влиянии различных методов реабилитации на обе составляющие ДМФ. Действительно, у больных ДЦП присутствует и ДМФ, имеющих органический (абсолютный) характер вследствие поражения нервно-мышечных структур, и функциональный (относительный) ДМФ, вызванный изменением функционирования мышц вследствие нарушения биомеханических условий их деятельности. Зачастую бывает весьма сложно определить истинное соотношение обеих составляющих ДМФ у больных ДЦП с оформившимися контрактурами и резко выраженным патобиомеханическим двигательным стереотипом (А.М. Журавлев, 1999). Видеоанализ движений позволяет ответить на многие вопросы организации двигательной функции в условиях патологии и определить дифференцированные подходы к консервативному и оперативному лечению.

Другим не менее интересным и перспективным диагностическим подходом в реабилитационной клинике является регистрация сверхмедленной биоэлектрической активности головного мозга (Ω -потенциала) при помощи разработанного нами **компьютерного комплекса «Омега-Нейроанализатор»**. Как частное приложение данной технологии выступает **оценка регионарных и глобальных энергозатрат головного мозга методом топографического картирования уровня постоянных потенциалов (УПП) мозга**. Являясь интегральным показателем величины мембранных потенциалов клеточных структур мозговой ткани, УПП характеризует интенсивность метаболических процессов в том или ином достаточно

локальном регионе головного мозга. В этом отношении метод анализа УПП без преувеличения сопоставим в корректных границах с таким дорогостоящим и пока малодоступным методом, как позитронная эмиссионная томография головного мозга.

В норме существует достаточно чёткий паттерн распределения значений УПП на скальпе, зависящий от степени зрелости мозговой ткани, от выраженности инволюционных процессов, от латерализации функций в полушариях мозга. Патологический процесс, а также ряд функциональных и переходных состояний (в частности, стадии бытового и экспериментального стресса) имеют очень характерное отражение в картине УПП. Предъявляемые организму неадекватные нагрузки опережающим порядком, ещё до развития клинических симптомов дезадаптационного синдрома, проявятся в формировании той или иной картины патологического топографического распределения УПП. В этой особенности выступать предвестником клинической катастрофы или как минимум, срыва системы компенсации и адаптации пациента состоит ценность анализа энергозатрат головного мозга методом картирования УПП.

Приведены некоторые подходы в диагностической работе специалиста в условиях реабилитационной клиники или санатория, которые оправдывают своё включение в общий реабилитационный процесс хотя бы потому, что предоставляют возможности своевременной констатации весьма нередких побочных реакций восстановительного лечения. Установление «золотой середины» в качественно-количественном соотношении внедрённых в клинику чисто реабилитационных методов (безусловно, призванных быть приоритетными для лечебного учреждения) и «обслуживающих» реабилитацию диагностических подходов — в этом, наверное, и состоит талант и врачебное искусство — как практического специалиста, так и руководителя учреждения.

