

В.И. Доценко, Научный центр здоровья детей РАМН, Научно-медицинская фирма «Статокин», г. Москва

Перестройка патологического двигательного стереотипа с ремоделированием «правильных» движений у ортопедо-неврологических больных с использованием современных аппаратных средств

У взрослых пациентов с постинсультными и посттравматическими двигательными расстройствами, а также по мере взросления ребёнка с перинатальным поражением ЦНС и ДЦП, стихания синдромов раннего перинатального поражения структур головного и спинного мозга всё большее значение приобретают постепенный отход от использования медикаментозного лечения и включение в схемы реабилитации безмедикаментозных методов восстановительной терапии. В том случае, если предъявляемое организму лечебное воздействие адресовано конкретной группе рецепторов и несёт модально специфическую для этих рецепторов информацию, следует говорить о проведении пациентам так называемой «сенсорной терапии».

Использование методов сенсорной терапии с моделированием движений актуально для нейрореабилитации не только детей и подростков, но и взрослых пациентов с ортопедо-неврологической патологией, когда стаж заболевания может исчисляться годами и десятилетиями, а пластические свойства мозга не столь высоки, как у находящейся в процессе активного развития нервной системы ребёнка.

Следует напомнить, что целенаправленное формирование какого-либо навыка, двигательной функции сопровождается образованием в структурах ЦНС **артифициальных стабильных функциональных связей**, закрепляющихся, в конечном итоге, на уровне молекулярных перестроек и модуляции нейротрансмиттерных систем (Н.П. Бехтерева, 1980). Методы достижения указанных перестроек чаще всего являются именно безмедикаментозными, вовлекающими в процесс позитивных изменений своей работы различные сенсорные системы.

Понятие «сенсорная терапия» включает в себя не только стимуляцию рецепторных образований и рефлексогенных зон, т.е. воздействие, осуществляемое однозначно со знаком «плюс», но и особым образом построенную **депривацию патологически усиленного афферентного потока**, в большинстве случаев организованную врачом в специальный пространственно-временной рисунок. Примером данного подхода с патогенетически целесообразным уменьшением уровня афферентного притока служат, по крайней мере, нижеперечисленные методы восстановительного лечения. По степени нарастания трудоёмкости исполнения это:

- искусственная локальная гипотермия;
- лечение положением при помощи специальных укладок, седалищ и ложементов (по аналогии с методом динамической проприоцептивной коррекции данное направление следует называть «статическая проприоцептивная коррекция»);
- этапное гипсование;
- различные мышечно-сухожильные блокады (фенольная, спирто-новокаиновая и др.);

д) локальное введение в мышцы препаратов ботулотоксина типа А (т.н. «ботулинотерапия»);

е) хирургический метод снижения уровня спастичности мышц — селективная дорзальная ризотомия.

Отрадно отметить, что в некоторых клиниках не утратил своего значения выдержавший экзамен временем весьма эффективный метод модуляции и коррекции патологически усиленной афферентации от спастически напряжённых мышц и других рецепторных образований деформированного патологическими установками и контрактурами мышечно-суставно-связочного аппарата — **искусственная локальная гипотермия**. Привлекательность этой технологии заключается в том, что в самом простом исполнении при выраженных и достаточно стойких клинических эффектах метод не предусматривает использования какой-либо сложной техники; апплицируемый на мышцы и сухожилия холодагент представляет собой обычную ледяную крошку.

Методы сенсорной терапии с использованием **различных видов стимуляций** также основаны на рефлекторном принципе и предполагают приложение к различным афферентным входам пациента преформированных физических факторов, среди которых предпочтение отдаётся экологически безопасным, не чужеродным, встречающимся и в живой природе воздействиям.

Весьма эффективными подходами зарекомендовали себя те методы восстановительного лечения, которые основаны на стимуляции специфических для двигательных функций сенсорных входов — вестибулярного и проприоцептивного. Краткий обзор некоторых стимуляционных методов нейрореабилитации приведён ниже.

Безусловно, в историческом аспекте следует отметить многочисленные методы и системы **кинезитерапии** (лечебной физкультуры, нейромоторного перевоспитания). С 1992 года логичным развитием идей нейромоторного перевоспитания является **динамическая проприоцептивная коррекция** (ДПК), основанная на создании продольной осевой и ротационных нагрузок на корпус и конечности пациента при помощи специально



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

«Окулостим» – 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

«Пuls» – 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 экцентриситета

«Регент» – рефлекторно-нагрузочное устройство для восстановления лечения двигательных координаторных нарушений при ортопедо-неврологической патологии методом динамической проприоцептивной коррекции

«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**

разработанных рефлекторно-нагрузочных устройств (РНУ). РНУ любой модели представляет собой систему эластичных тяг. Натяжением аксиальных тяг обеспечивается компрессионная нагрузка, а при помощи ротационно-корректирующих тяг собственно и реализуются различные способы нейромоторного перевоспитания патологического двигательного стереотипа. Прототипом лечебных РНУ послужило устройство «Пингвин», используемое космонавтами на орбите для уменьшения действия на организм негативных факторов космического полёта — гипогравитации и опорной разгрузки. В настоящее время принципы воздействия на суставно-сухожильно-мышечно-связочный аппарат, изначально реализованные в устройстве «Пингвин», успешно применены и отчасти модифицированы в серийно выпускаемых лечебных РНУ под торговыми марками «Адели», «Гравистат», «Гравитон», «Регент» и др.

Указанные нагрузки РНУ в целях достижения адекватного лечебного эффекта должны в обязательном порядке осуществляться при выполнении пациентом произвольных и сочетанных (произвольно-пассивных) движений в рамках проводимого с ним методистом или инструктором ЛФК кинезитерапевтического занятия.

Таким образом, имеет место потенцирование лечебных эффектов собственно кинезитерапии и воздействия от РНУ. Достижимое этим сочетанным применением потенцирование эффектов воздействия сопровождается формированием адекватно организованной сенсорной посылки проприоцептивной модальности, которая достигает моторных центров головного и спинного мозга и обуславливает нормализацию их деятельности. Прежде всего, нормализация затрагивает деятельность функциональной системы антигравитации и её конкретных исполнительных механизмов, которые ежесекундно обеспечивают адекватный способ нашего сосуществования с гравитационным полем Земли.

Следует особо отметить, что некоторые модели комбинезонов с эксплуатацией принципа пневмокомпрессионного воздействия (например, «Атлант») не несут в себе тех элементов рассмотренного выше позитивного, гармонизирующего двигательную сферу рефлекторного воздействия, которое присутствует во всех моделях истинных РНУ. Однозначно эффекты пневмокомпрессионных устройств врачебным и научным сообществом пока не оценены и требуют дальнейших независимых клинических исследований, не индуцированных производителями указанных технических средств.

Приведём данные исследований Н.Ю. Титаренко и М.В. Дворового (2010) о том, что при развитии у ребёнка с ДЦП коморбидного спастического подвывиха бедра аксиальная нагрузка во время сеансов ДПК может ухудшить позицию головки бедра в вертлужной впадине. В связи с этим подвывих бедра считался абсолютным противопоказанием к назначению РНУ, ограничивая выбор стратегии восстановительного лечения ребёнка. Причём частота развития спастического подвывиха бедра при ДЦП значительна и составляет, по наблюдениям авторов (273 пациента), до 30–35 % у детей 3–10 лет и 45–55 % у подростков.

В настоящее время использование РНУ при наличии спастического подвывиха бедра у больного ДЦП

возможно при одновременном применении модульного аппарата для отведения и удержания бедра в заданном положении с целью центрации головки бедра в вертлужной впадине. В отличие от применяемых ранее отводящих шин, коррекция позиции каждого бедра аппаратом осуществляется практически без взаимовлияния, за счёт определенным образом изогнутых штанг, крепящихся с наружной стороны каждого бедра. Штанга каждого бедра соединена с трёхосным шарниром, закреплённым на общей основе в области крестцово-подвздошных сочленений в регулируемой позиции, необходимой для коррекции приводящей и пронационной установки.

Авторами наблюдалось 67 детей 3–11 лет, страдающих одно- или двусторонним спастическим подвывихом бедра на фоне спастической диплегии средней тяжести. В течение года при бодрствовании дети постоянно носили аппарат для отведения бедра и получили два курса лечения методом ДПК с применением РНУ. В конструкцию РНУ был включён аппарат для отведения бедра. При контрольной рентгенографии тазобедренных суставов, выполненной после первого года применения аппарата, у 33 пациентов улучшилась позиция и покрытие головки бедра, у остальных детей рентгенологической динамики не отмечено. Однако отсутствие ухудшения позиции головки бедра под влиянием аксиальной нагрузки в процессе нейрореабилитации даёт возможность продолжать применение наиболее перспективных для развития произвольной моторики нагрузочных методов кинезитерапии.

Вестибулотерапия, или пассивная вестибулярная тренировка, предусматривает стимуляцию рецепторов полукружных каналов вестибулярной системы специфическим для этих рецепторов раздражителем — механической энергией угловых ускорений во время вращения пациента на специальных ротационных стендах.

В настоящее время первое отечественное устройство для вестибулодиагностики и вестибулотерапии — **Ротационный компьютерный стенд «Гармония»** (разработка НМФ «Статокин») — готово к внедрению в профильные клиники.

В патогенезе двигательных нарушений у больных ДЦП одно из ведущих мест отводится дисбалансу рефлекторной активности более древних в онтофилогенезе отолитовых органов (тонические феномены скелетной и глазодвигательной мускулатуры; в варианте заболевания — своевременно нередуцированный лабиринтный тонический рефлекс) и более молодых полукружных каналов, обеспечивающих формирование установочных и статокINETических реакций. Проведение вестибулотерапии стимулирует жизненно важные для возрастного двигательного развития организма реакции полукружных каналов, которые по реципрокному принципу способствуют снижению интенсивности приобретших патогенетическое значение тонических реакций отолитовых органов (К.А. Семёнова, В.И. Доценко, 1988).

Известна также тесная взаимосвязь вестибулярных реакций и зрительной информации, формирующей постоянное окружение человека в его повседневной деятельности. В связи с высокой актуальностью изучения данной проблемы в целях исследования глазо-

двигательной регуляции и вестибулярной функции в целом специалистами НМФ «Статокин» разработан аппаратно-программный комплекс «ОкулоСтим», позволяющий проводить полифакторное отоневрологическое и психофизиологическое тестирование.

В рамках же описываемой концепции создания направленных афферентных потоков приложение к зрительному афферентному входу пациента **стимуляционных программ лечебной направленности** позволяет повысить его статокINETическую 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 нарушения равновесия и вегетативные расстройства (Л.Н. Корнилова и соавт., 2004).

Несколько особняком стоит лечение пациентов при помощи **биологической обратной связи (БОС)**. В России это направление чаще описывается термином **функциональное биоуправление (ФБУ)**. Исключительность метода ФБУ заключается в том, что никакое внешнее воздействие какими-либо природными или преформированными факторами в традиционном понимании на пациента не оказывается. От страдающего тем или иным заболеванием или функциональными расстройствами пациента требуется исключительно произвольными усилиями, осознанной регуляцией добиваться изменений определённых функций и параметров деятельности организма, являющихся мишенями при проведении БОС-терапии.

Естественно, возникает проблема текущего, в режиме реального времени, контроля правильности выполнения пациентом различных тренируемых движений, успешности управления регуляцией позы или адекватной релаксации организма; показателями успешной релаксации чаще всего выступают некоторые вегетативные параметры и характеристики альфа-ритма ЭЭГ. В этих целях используется подаваемая через различные сенсорные входы человека (зрение, слух, кожно-тактильный анализатор и др.) информация об успешности или, наоборот, о низком качестве выполнения того или иного двигательного действия и произвольно регулируемого расслабления. Разумеется, эффективность этого лечения возможна только при вовлечении достаточно мощных мотивационных механизмов, поэтому контроль пациентом качества своего биорегулирования осуществляется в увлекательной игровой форме, с яркой графикой различных сюжетов на мониторе компьютера и при помощи эмоционального звукового ряда, подаваемого через специальные наушники.

Всё большей популярностью пользуются компьютерные комплексы ФБУ одновременно для нескольких пациентов, когда их лечение осуществляется в условиях увлечённой соревновательной деятельности друг с другом, с накоплением в базе данных баллов и других критериев результата своих действий, а не в условиях т.н. «борьбы» с виртуальным «противником», генерируемым компьютерной программой.

Для российской восстановительной медицины наиболее традиционны стационарные компьютерные ком-

плексы или портативные приборы для отработки правильности выполнения произвольного движения по показателям гониометрической (по величине значений суставного угла) или ЭМГ-обратной связи. При этом в ходе процедуры и контроля самим пациентом качества её выполнения создаются мощные направленные афферентные потоки проприоцептивной модальности, достигающие мозговых структур управления движениями и создающие предпосылку закрепления приближенных к норме механизмов двигательной регуляции.

В целях объективной оценки двигательной реабилитации используется **Стабилометрический анализатор «СтатокИнезиметр – СтабилАн»** (разработка и производство НМФ «Статокин», Россия).

В своей диагностической части этот аппаратно-программный комплекс методом компьютерной статокИнезиметрии (стабилометрии) исследует функцию равновесия, механизмы удержания человеком вертикальной позы, которая представляет собой сложнейшую мышечную синергию и интегрирует в себе вклад нескольких сенсорики, а также определяет статокИнезитическую устойчивость человека на фоне различных провоцирующих факторов, направленных на дестабилизацию вертикальной позы.

Наш многолетний клинический опыт продемонстрировал, что введение статокИнезитических и сопряжённых с ними исследований в алгоритм наблюдения за пациентом на различных этапах реабилитации, включая амбулаторный, позволяет также своевременно диагностировать срыв адаптивных реакций при предъявлении пациенту неадекватных его возможностям нагрузок терапии или при форсированном двигательном режиме.

Другое же, не менее важное назначение стабилометрического комплекса — его использование в качестве эффективного тренажёра, функционирующего на принципе БОС зрительной модальности (в игровой ситуации стоящим на стабилоплатформе пациентом осуществляется постоянный контроль положения своего тела), для восстановительного лечения при нарушениях функций координации и равновесия. В комплексе реализован богатый набор компьютерных реабилитационных и развивающих тренажёров, умело эксплуатирующих принцип мотивационной заинтересованности пациента в результатах игровой сессии.

При осуществлении сеансов ФБУ по стабилограмме стоящий на стабилоплатформе пациент под зрительным контролем положения на мониторе своего тела (в данном случае, координат 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.

По своей идеологии и механизмам реализации сано-генетических эффектов с кинезитерапией очень созвучен описываемый ниже современный инструментальный метод перестройки патологического двигательного стереотипа у больных ортопедо-неврологического профиля.

Функциональная программируемая электростимуляция мышц (ФПЭС), осуществляемая не в покое, а во время локомоции или любых других циклических, стереотипных двигательных актов (бега, занятий на велотренажёре или беговой дорожке, при имитирующих греблю движениях верхних конечностей), также относится к обширному классу методов сенсорной терапии и искусственного моделирования мышечной активности.

Имеет место значимая патогенетическая целесообразность метода ФПЭС (воспроизводится выработанная в эволюции **пространственно-временная организация мышечной активности** и движения в целом) — в отличие от электростимуляции покоя расслабленных мышц, которая протекает в условиях, далёких от реального функционирования мышцы. Электромиостимуляция покоя не связана с координацией двигательного акта, а значит, не может влиять ни на коррекцию, ни на выработку нового двигательного стереотипа (А.С. Витензон, 1981; 1982).

Эксплуатируемый в ходе ФПЭС принцип пространственно-временной организации мышечной активности и целостного движения является предпосылкой формирования и закрепления физиологических паттернов движений не столько на уровне спинального генератора локомоций, сколько на более высоких уровнях иерархии ЦНС, а именно — в стволовых и полушарных центрах моторного контроля, что детерминирует стойкость достигнутой функциональной перестройки.

Нейрофизиологическая сущность метода ФПЭС заключается в точном временном соответствии программ искусственного (посредством электростимуляции) и естественного (при попытке произвольного усилия) возбуждения мышцы в двигательных актах человека (А.С. Витензон, 2000). Иными словами, электростимуляция мышцы во время локомоции происходит в точном соответствии с естественным возбуждением и сокращением мышц на протяжении двигательного акта. Метод ФПЭС удачно совмещает свойства трёх глобальных стратегий клинической реабилитологии — лечебной физкультуры (кинезитерапии), аппаратной физиотерапии и функционального ортезирования (А.С. Витензон, 2003).

Приоритеты в разработке методов ФПЭС принадлежат английским исследователям, создавшим устройство для электростимуляции мышц и улучшения ходьбы больных перонеальным параличом (W.T. Liberson et al., 1961). Успехи развития ФПЭС в нашей стране, в отличие от немногочисленных зарубежных исследований, обусловлены глубоким изучением функционального восстановления моторного контроля со стороны ЦНС.

Помимо восстановления нарушенной биомеханики ходьбы, при использовании ФПЭС решается задача нормализации работы локомоторных центров на всех вертикальных уровнях регуляции двигательной активности. В связи с тем, что в процессе ФПЭС активация мышцы путём приложения к ней электрического раздражения осуществляется именно в тот момент двойного шагового цикла, когда данная мышца и естественным порядком — не раньше и не позже — должна включаться в выполнение этого циклического двигательного действия, достигается максимальная перестройка нейродинамики пациента. Только в фазы естественного (произвольного) возбуждения мышц локомоторные центры всех вертикальных уровней ЦНС восприимчивы к внешним афферентным сигналам и доступны для коррекции своей деятельности. В остальные фазы шагового цикла они заторможены и практически не поддаются коррекции (К.В. Баев, 1984; А.С. Витензон и соавт., 1999).

Каким образом на современном этапе развития электронных технологий, при использовании компьютерных комплексов ФПЭС, удаётся осуществить точную и корректную синхронизацию произвольного напряжения той или иной мышцы в двигательном акте и наслаиваемой на неё электрической стимуляции? Ответ прост. Локомоция в целом и используемый для клинического анализа ходьбы её минимальный циклический модуль — двойной шаговый цикл — при постепенной вертикализации человека и его переходе к биподальной локомоции вырабатывались в эволюции не одно тысячелетие. По своим биомеханическим характеристикам ходьба за годы эволюции вертикального перемещения человека в гравитационном поле Земли приобрела свойства высокостереотипного двигательного акта с минимальной вариативностью параметров шага. В полной мере это положение относится и к циклическому, стереотипному включению конкретных мышц в обеспечение ходьбы. Во вполне определённый момент двойного шагового цикла конкретным значениям углов в суставах нижних конечностей, а также биомеханическим параметрам контакта стопы с опорой (т.е. фазам переката стопы от пятки к носку) соответствует чёткий паттерн напряжения и расслабления всей совокупности мышц нижних конечностей, таза и спины. Эта «мозаика» мышечной активности во время шага — мышечный профиль, соотнесённая с текущим значением суставных углов — гонометрическим профилем, является достоянием любого серьёзного руководства по клинической биомеханике (Я.Л. Славуцкий, 1982).

Безусловно, затрудняющая строгую синхронизацию внутрииндивидуальная вариабельность мышечного профиля от шага к шагу существует; зависит она и от темпа ходьбы, от меняющегося в процессе передвижения че-

ловека качества опоры (упругость покрытия, неровности дороги) и от зрительного окружения. Тем не менее, относительное (процентное) распределение мышечной активности в период двойного шага и её соотношение с гониометрическим профилем можно принять за некую константу, используемую при подстройке фаз мышечной электростимуляции в процессе активного передвижения пациента. Следовательно, аппаратно-программный модуль временной синхронизации электромиостимуляции с фазами шага, использующий для её достижения измеряемые в формате on-line и управляющие стимулятором опорные (подометрические) или гониометрические параметры каждого шагового цикла, по праву является ключевым в работе комплекса ФПЭС.

ФПЭС предусматривает решение трёх задач: укрепление ослабленных мышц, коррекцию неправильно выполняемых движений, выработку и поддержание приближающегося к норме двигательного стереотипа ходьбы.

Впервые с использованием этого метода удалось воздействовать три связанные между собой мишени, на которые содружественно проецируется действие метода ФПЭС. Таковыми мишенями являются: а) первичное исполнительное звено движения, периферический нейромоторный аппарат, на который оказываются позитивные эффекты силового воздействия ФПЭС, общие с эффектами классической электростимуляции покоя; б) текущее, во время сеанса лечения, исправление кинематических и динамических характеристик шага — активируется истинный биомеханический уровень исполнения движения; в) воздействие на нейродинамику пациента, закрепление правильного двигательного стереотипа ходьбы на уровне локомоторных центров головного и спинного мозга. В этом триединстве и находит объяснение качественный скачок клинической эффективности метода ФПЭС по сравнению с некоторыми другими стимуляционными и кинезитерапевтическими технологиями.

В России технология ФПЭС реализуется в основном при помощи **Аппаратно-программного комплекса многоканальной программируемой электростимуляции низкочастотным импульсным током «АКорД — Мультимиостим»** (разработка и производство НМФ «Статокин», Россия).

Современным стандартом биомеханических исследований является **бесконтактный компьютерный видеоанализ движений** с использованием оптических методов так называемого «захвата движения» (motion capture). 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»), который совсем недавно был дополнен синхронно с ним работающим портативным, закрепляемым на пациенте или спорт-

смене восьмиканальным электромиографом. Этот **компьютерный комплекс «Нейромиограф — Биомеханика»** позволяет безартефактно, нивелируя влияния сообщаемой при движениях механограммы (что достигается совмещением отводящего электрода с миниатюрным предусилителем), регистрировать ЭМГ и её огибающую при ходьбе, беге, прыжках и других циклических двигательных действиях.

На фоне курсового лечения методом ФПЭС, при помощи оптических методов компьютерного видеоанализа движений, продемонстрирована положительная динамика ходьбы пациентов, страдающих ДЦП. Оценивались ведущие показатели угловой и линейной кинематики локомоций этих пациентов — скорость, ускорение, текущие значения суставных углов в структуре двойного шагового цикла (В.И. Доценко и соавт., 2005; Н.Ю. Титаренко и соавт., 2006; А.В. Воронов, Н.Ю. Титаренко, 2007).

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, имеющий 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. Журавлёв, 1999). Видеоанализ движений позволяет ответить на многие вопросы организации двигательной функции в условиях патологии и определить дифференцированные подходы к консервативному и оперативному лечению.

Использование метода ФПЭС у детей и подростков со сколиотической болезнью, также под постоянным контролем кинематики произвольных движений вышеописанными оптическими методами клинической биомеханики, позволило достоверно верифицировать и количественно описать уменьшение дефицита мышечной функции, нормализацию работы мышц туловища во время ходьбы, выработку естественного более правильного стереотипа работы мышц при ходьбе. Проведение курса ФПЭС предоставляет возможности за сравнительно короткий промежуток времени добиться долговременной коррекции сколиотической деформации.

В связи с тем, что во время сеанса ФПЭС формируется направленная афферентная посылка проприоцептивной модальности, строго синхронизированная по времени с оптимальными условиями поступления информации в локомоторные центры головного и спинного мозга (момент произвольного напряжения мышцы), этот метод лечения по праву можно отнести к одному из наиболее эффективных видов сенсорной терапии.