

ТРАНСЛИНГВАЛЬНАЯ НЕЙРОСТИМУЛЯЦИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА В ЛЕЧЕНИИ ДЕТЕЙ С ЦЕРЕБРАЛЬНЫМ ПАРАЛИЧОМ

УДК 616.8

Игнатова Т.С.¹, Скоромец А.П.², Колбин В.Е.¹, Сарана А.М.^{1,3}, Щербак С.Г.^{1,3}, Макаренко С.В.,
Дейнеко В.В.^{1,5}, Данилов Ю.П.⁴

¹Городская больница №40, Санкт-Петербург,

²Детская городская больница №1, кафедра неонатологии и неонатальной реаниматологии ГОУ ВПО СПбГМПУ

³Санкт-Петербургский Государственный университет, медицинский факультет

⁴Лаборатория тактильной коммуникации и нейрореабилитации. Департамент Кинезиологии; Университет штата Висконсин

⁵ФГБОУ ВО «НГУ им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург»

TRANSLINGUAL BRAIN NEUROSTIMULATION IN TREATMENT OF THE PEDIATRIC CEREBRAL PALSY

Ignatova TS¹, Scoromets AP², Kolbin VE¹, Sarana AM^{1,3}, Sherbak SG^{1,3}, Makarenko SV, Deineko VV^{1,5}, Danilov YP⁴

¹St. Petersburg State Health Institution «City Hospital №40»

²City Childrens Hospital №1 Department of Neonatology and Neonatal Intensive Care GOU VPO SPBGMPU

³St. Petersburg State University, Faculty of Medicine

⁴Kinesiology Department, School of Education University of Wisconsin-Madison Madison, Wisconsin, USA

⁵NSU of P.F. Lesgaft St.Petersburg

Введение

Изменения нервной системы при ДЦП, связаны с гипоксией и метаболическими расстройствами, оказывающими прямое и опосредованное (через продукты нарушения метаболизма) влияние на развитие и функции головного мозга. Как отмечает М.Н. Никитина, в зависимости от тех или иных патологических изменений и нарушений целостности различных функциональных звеньев центральной нервной системы, наступают двигательные расстройства, нарушения координации движения, нарушения речи, возможны нарушения интеллекта.

Данное заболевание возникает в результате недоразвития головного мозга и его повреждения на различных этапах онтогенеза. Анализируя причины, ведущие к формированию детского церебрального паралича, показано, что в большинстве случаев выделить одну причину не представляется возможным, отмечается сочетание нескольких неблагоприятных факторов: как в период беременности, так и в родах. Повреждения, являющиеся причиной ДЦП, различаются в зависимости от степени зрелости головного мозга во время воздействия повреждающего фактора [1, 2].

Актуальность. Данные о распространенности ДЦП известны только в высокоразвитых странах. Нет сомнений, что в развивающихся странах частота ДЦП значительно выше, и что теоретически предотвращаемые причины заболевания, в особенности перинатальные, встречаются гораздо чаще. Сочетание факторов, включающих снижение смертности новорожденных и увеличение выживаемости младенцев с очень низкой массой тела в связи с улучшением ухода за недоношенными младенцами, изменение приемлемых критериев и увеличение количества многоплодных беременностей, привело к увеличению абсолютного

количества младенцев с очень низкой массой тела с риском ДЦП [3, 4].

Проблеме реабилитации детей с церебральным параличом уделяется много внимания в современной медицине. В современной литературе описывается использование различных видов электростимуляций, применяя их независимо или в сочетании с существующими процедурами. Наиболее распространенные среди них – электростимуляция мышц и нервов, а также спинного мозга [5]. Несмотря на позитивные результаты, достигнутые комплексным подходом лечения, проблема реабилитации ДЦП в поздней резидуальной стадии при стойких стереотипах, остается нерешенной. Проблеме восстановления мышечного контроля и комплексной сенсомоторной интеграции (равновесие, координация движения, удержания тела в пространстве) до настоящего времени не уделялось необходимого внимания.

Альтернативный инновационный метод использования периферической нейростимуляции для нейрореабилитации был представлен на Всемирном конгрессе по психофизиологии в Санкт-Петербурге в 2010. Этот метод был разработан в Университете штата Висконсина, США, в лаборатории, которую возглавлял известный ученый Пол Бах-у-Рита, один из основателей современной концепции нейропластичности. В лаборатории тактильной коммуникации и нейрореабилитации (TCNL) был разработан прибор для электротактильной стимуляции языка, который позволил существенно усилить восприимчивость человеческого мозга к восстановлению утраченных функций. На данный момент прибор имеет название ПоНС (портативный нейростимулятор). Исследования проводились с пациентами с периферическими и центральными вестибулярными нарушениями [6, 7, 8], рассеянным склерозом [9], на

пациентах перенесших инсульт [10], черепно-мозговую и спинальную травмы [11, 12, 13]. Была показана высокая эффективность периферической нейростимуляции в сочетании со специализированной физиотерапией в восстановлении общего моторного контроля тела, равновесия, хождения, речи, движений глаз, различных аспектов сенсомоторной интеграции. Все испытуемые отмечали существенное улучшение качества жизни после курса ПоНС терапии.

Дополнительные исследования с применением ФМРТ однозначно подтвердили наличие мощной активации ствола мозга и вентральной части мозжечка при стимуляции языка, а так же наличие длительных эффектов последствия (сохранение очагов активности в мозгу испытуемых в течение часов и даже дней, после последней стимуляции [14, 15]). Дополнительный анализ данных показал, что одновременно с активацией подкорковых структур мозга меняются и коэффициенты связи между участками коры головного мозга, участвующих в интегративных процессах тренировки [16].

Методика. Целью исследования было – оценить влияние транслингвальной нейростимуляции головного мозга на равновесие и координацию движения, способность к формированию новых моторных навыков у детей с церебральным параличом в поздней резидуальной стадии. Протокол исследования был утвержден этическим комитетом №61-ФЗ.

В данном исследовании приняло участие 65 детей с церебральным параличом (форма спастическая диплегия) в возрасте от 3 до 13 лет. Пациенты были с сохранным интеллектом, в анамнезе не имели судорожных приступов. Все дети получали стандартное лечение, включающее массаж, физиолечение; ЛГ, с использованием тренажеров; роботизированную механотерапию, водолечение. Было сформировано две группы пациентов – первая (активная) и вторая (контрольная). Первая группа детей составила 45 человек. Все дети первой группы получали стандартное лечение и дополнительно транслингвальную нейростимуляцию головного мозга: (10 ежедневных тренировочных занятий, которые длились по 20 минут). Вторая группа детей – получали только стандартную терапию. Эту группу составило 20 человек. Они получали только стандартную терапию (10 ежедневных тренировочных занятий, которые длились по 20 минут).

Детей оценивали до и после лечения по трем различным тестам:

1. Шкала Ашворта (характеризует спастичность мышц), оценка производится терапевтом, уровень спастичности определяется числом от 1(легкая) до 5 (очень сильная).

2. Шкала общих моторных навыков GMFCS, оценка производится терапевтом, уровень развития (или поражения) моторных навыков определяется числом от 1(легкая недостаточность) до 4 (очень сильный дефицит).

3. Шкала Берга (характеризует равновесие и риск падения) оценка производится терапевтом по 14 параметрам, уровень контроля равновесия определяется числом от 1(отсутствие) до 56 (максимум).

Результаты были сведены в табличную форму. В связи с ординальным характером данных применялись методы непараметрической статистики. Для оценки результата применялся критерий Уилкоксона – это непараметрический аналог парного критерия Стьюдента (t-критерий для зависимых выборок) для сравнения больных до и после лечения.

Новым направлением в нейрореабилитации, включая ДЦП, является транслингвальная нейростимуляция головного мозга при использовании прибора ПоНС.

Прибор ПоНС (портативный нейростимулятор) – это устройство нового поколения для периферической нейростимуляции, основанный на электро-тактильной стимуляции языка. Язык технически более предпочтителен для электрической стимуляции, поскольку полость рта дает более благоприятные условия – постоянный уровень кислотности, постоянная температура, электропроводность и влажность, и низкие пороги возбудимости по сравнению с другими участками кожи.

Метод нейрореабилитации основан на активации в первую очередь структур ствола мозга и мозжечка, посредством электростимуляции передней поверхности языка. Согласно литературным данным, примерно 20–25 тысяч нейронных волокон доставляют нервные импульсы от передней поверхности языка (площадь стимуляции около 7,5 см²) в ствол мозга. Матрица, на которой находятся электроды, неправильной формы; оптимизирована для стимуляции наиболее чувствительной области языка, Рисунок 1, А. Сама матрица включает в себя 143 электрода разбитых на девять 16 – электродных секторов, Рисунок 1, Б. В рамках каждого сектора только один электрод является активным в данный момент времени, остальные заземлены. Стимуляция через один электрод одновременно происходит в девяти секторах. Электроды чередуются с частотой 50 Гц. Стимул представляет собой триплет прямоугольных импульсов микросекундной длительности.

Способ лечения церебрального паралича у детей, включающий формирование двигательных навыков путем лечебной физкультуры и стимулирующего воздействия на пациента, отличается тем, что в качестве

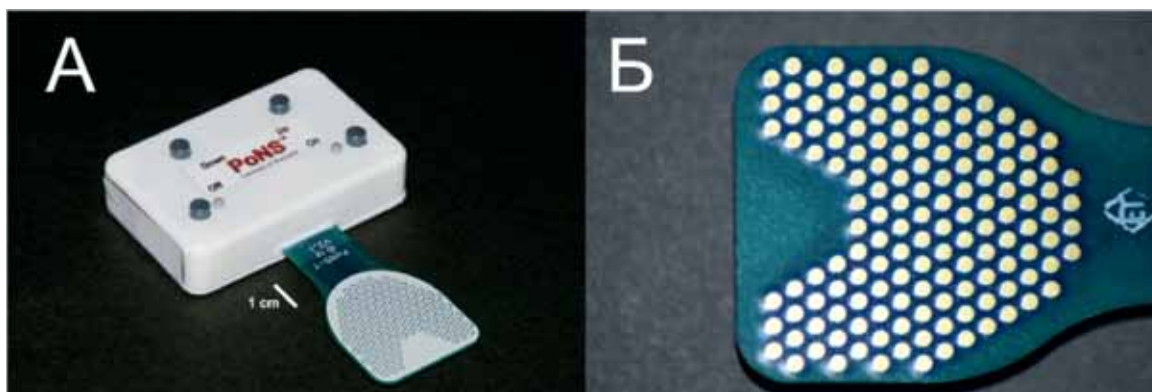


Рисунок 1. Прибор ПоНС (портативный нейростимулятор). Внешний вид (А) и крупный план матрицы (Б).

стимулирующего воздействия на мозг используют транслингвальную электростимуляцию языка – прибор ПоНС. Лечебную физкультуру осуществляют в виде трех комплексов активных упражнений, направленных на обучение пациента новым двигательным навыкам. При этом каждая ежедневная процедура включает одновременное проведение электростимуляции и выполнение комплекса упражнений в течение 20–25 минут курсом 10 дней. Выполняются упражнения, направленные на обучение пациента отсутствующим у него двигательным навыкам, учитывая следующую последовательность выполнения комплексов упражнений.

1 – комплекс направлен на формирование умения самостоятельно сидеть, удерживая свое тело в пространстве.

2 – комплекс упражнений, направлен на формирование умения удержания вертикального положения тела в пространстве и умение контролировать положение тела при ускорении или замедлении прямолинейного движения; а также при вращениях: отклонениях головы, тела и глаз в сторону, противоположную движению;

3 – комплекс направлен на формирование навыка ходьбы.

Все обучение самостоятельным движениям основано на умении пациента удерживать центр тяжести тела в правильном положении и изменять его в статических и динамических упражнениях. Это способствует развитию правильного, безопасного контроля вертикального положения в сохранении статической позы и хождения, а также снижает риск падения пациента.

У детей с церебральным параличом отмечается повышение мышечного тонуса (спастичность) и нарушение контроля со стороны ЦНС за равновесием и координацией движения. Совокупность этих нарушений мешает формированию моторных навыков. Специализированная ЛГ разработана на базе ГБН⁴⁰ из 3 комплексов упражнений, которые были подобраны индивидуально, основываясь на клинической картине и психомоторном развитии пациента. ЛГ состоит из 3 комплексов упражнений, которые были подобраны индивидуально. Все комплексы направлены на нормализацию мышечного тонуса и развития общего моторного контроля, чтобы помочь ребенку научиться совершать произвольные движения, помочь развиться двигательным навыкам в соответствии с возрастом,

закрепить чувство позы, статического и динамического равновесия.

В Санкт-Петербурге на базе СПб ГБУЗ ГБН⁴⁰ было пролечено за 3 года более 100 детей с церебральным параличом.

Результаты исследования показали высокую эффективность применяемой методики. Было установлено, что группа детей, которые получали стимуляцию, гораздо быстрее осваивали новые моторные навыки. У детей первой группы улучшалась координация движений и общая подвижность. Дети, которые не получали стимуляцию, тоже показали положительную динамику, в виде снижения мышечного тонуса, укрепления мышц, но они не могли при этом освоить новых моторных навыков за один курс.

Эффективность нейростимуляции и регулярной физической терапии отличались при сравнении результатов тренировок на спастичность верхних и нижних конечностей.

По шкале Ашворта (индекс спастичности) для верхних конечностей среднее значение в первой группе составило до тренировки (среднее значение и стандартная ошибка среднего) 2.82 ± 0.12 и 2.49 ± 0.18 после тренировки. Снижение спастичности в первой группе было статистически значимо ($Z=3.41$, $p=0.0007$, $n=45$). Во второй группе значения составляли 3.1 ± 0.18 до и 2.75 ± 0.19 после тренировки, одинаково статистически значимое улучшение ($Z=2.37$, $p=0.018$, $n=20$), Рисунок 2, А.

Первая группа (черные символы) тренировалась с применением прибора ПоНС. Вторая, контрольная группа (белые символы), получала такой же комплекс тренировок, но без применения нейростимуляции. Комплекс физической терапии был одинаково эффективен для снижения спастичности верхних конечностей в обеих группах (А). Спастичность нижних конечностей во второй группе в результате тренировок существенно не изменилась (Б) не изменилась. Однако применение нейростимуляции значительно и статистически значимо уменьшило спастичность нижних конечностей у детей второй группы. Статистическая значимость (*) оценивалась методом Уилкоксона.

Спастичность нижних конечностей, оцененных по шкале Ашворта (индекс спастичности) для нижних конечностей по-разному изменилась в двух группах. Среднее значение в первой группе составило до тренировки (среднее значение и стандартная ошибка среднего) 3.29 ± 0.09

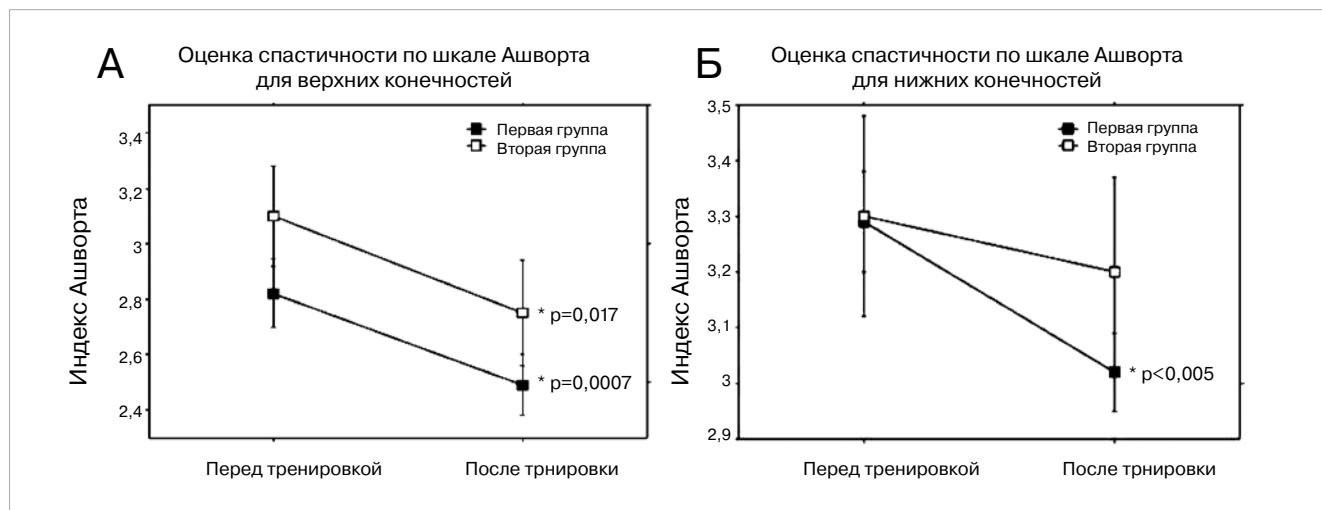


Рисунок 2. Сравнительный анализ эффективности тренировки и нейростимуляции на спастичность верхних (А) и нижних конечностей (Б).

и 3.02 ± 0.06 после тренировки. Снижение спастичности в первой группе было статистически значимо ($Z=2.83$, $p=0.005$, $n=45$), что свидетельствует о положительном эффекте нейростимуляции. Во второй группе значения составляли 3.3 ± 0.18 до и 3.2 ± 0.17 после тренировки, что свидетельствует об отсутствии статистически значимых улучшений ($Z=1.34$, $p=0.18$, $n=20$), Рисунок 2, Б.

При сравнении результатов тренировки на способность сохранять равновесие, в очередной раз было подтверждено, что интенсивная физическая терапия действительно способна помочь детям с ДЦП улучшить контроль за мышцами тела и способность сохранять равновесие. Нейростимуляция не повлияла на эффективность физической терапии, оцененной по шкале Берга. В первой группе, индекс Берга изменился от 20.33 ± 2.18 до 30.47 ± 2.28 , это статистически значимый результат ($Z=5.84$, $p<0.0001$). Результаты почти полностью совпали с результатами в контрольной группе. Индекс Берга во второй контрольной группе статистически значимо ($Z=3.82$, $p=0.0001$) увеличился с 20.55 ± 3.55 до 30.70 ± 3.83 , Рисунок 3, А.

По шкале общей моторной оценки (GMFCS) получились самые показательные результаты. Если до тренировок в первой группе среднее значение составило 3.49 ± 0.12 , то после тренировок с дополнительной нейростимуляцией 2.38 ± 0.13 . Снижение индекса было статистически значимым ($Z=5.23$, $p<0.0001$). Во второй группе, не смотря на лучшее исходное функциональное состояние группы, без применения нейростимуляции, никакого снижения индекса не наблюдалось. Если до тренировок он составлял 2.65 ± 0.25 , то после тренировок – 2.60 ± 0.27 , то есть уровень моторного контроля во второй группе не изменился, Рисунок 3, Б.

Первая группа (черные символы) тренировалась с применением прибора ПоНС. Вторая, контрольная группа (белые символы), получала такой же комплекс тренировок, но без применения нейростимуляции. Комплекс физической терапии был одинаково эффективен для восстановления равновесия в обеих группах. Нейростимуляция не изменила результатов традиционной терапии (А). На развитие общих моторных навыков, напротив, нейростимуляция оказала наиболее мощный эффект (Б). Несмотря на существенно худшее исходное состояние первой группы перед курсом терапии, применение нейростимуляции значительно и статистически

значимо увеличило мобильность и общий контроль тела у детей первой группы. Статистическая значимость (*) оценивалась методом Уилкоксона. Во второй, контрольной группе значимых изменений не наблюдалось.

К положительным результатам, не вошедшим в статистический анализ, следует отнести повышение социального статуса пациента, улучшение самообслуживания, самоконтроля, концентрации внимания. Так же были замечены улучшения в развитии речи, особенно у детей с исходными сильными нарушениями звукопроизношения и протяжность речи. Наблюдалось облегченное формирование статических и статокинетических установочных рефлексов, погашение позотонических автоматизмов и улучшение общего контроля центральной нервной системы над мышцами.

Нейропластичность представляет собой совокупность различных процессов ремоделирования синоптических связей, направленных на оптимизацию функционирования нейрональных сетей. Живолупов С.А. и Самарцев И.Н. (2009) отмечают, что нейропластичность играет решающую роль в процессах филогенеза и онтогенеза. А также при поддержании функционирования уже сформированных нейрональных сетей – это первичная (естественная) нейропластичность (Hertz-Pannier L., 1999) и после повреждения структур нервной системы, в ходе восстановления утраченных функций – посттравматическая или постинсультная нейропластичность (Xerri, 1998). Можно сказать, что говоря о нейропластичности мозга, чаще всего подразумевают его способность изменяться под влиянием обучения или повреждения [19,20].

Было установлено, что обучение двигательным навыкам в зависимости от его интенсивности, способно расширить область коркового представительства задействованных мышц. Также было показано, что при повреждении двигательной зоны, ряд реабилитационных мероприятий, способны реорганизовать нейрональную структуру неповрежденной коры, прилежащей к очагу, что играет важную роль при восстановлении двигательных функций за счет активации структур неповрежденной коры (феномен, получивший название «рекрутинг») (Nudo, Wise, 1996). При выполнении исследований головного мозга у человека в период обучения двигательным навыкам была выявлена активация зон, расположенных в непосредственной близости от основной моторной области. Этот факт свидетельствует о рекрутинге прилежащих к двига-

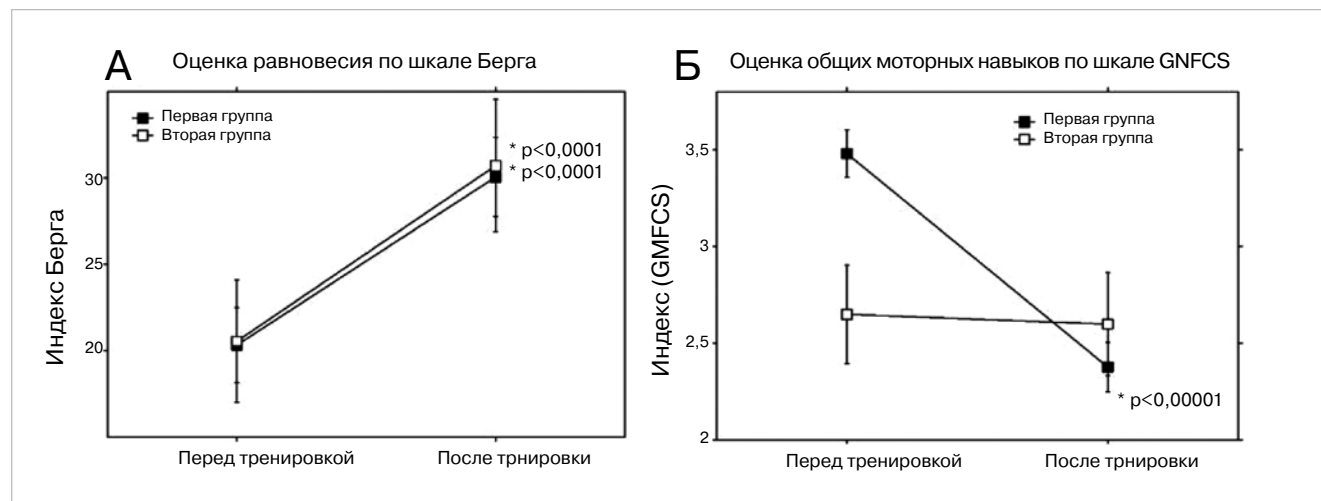


Рисунок 3. Сравнительный анализ эффективности тренировки и нейростимуляции на восстановление равновесия (А) и общих моторных навыков (Б).

тельной коре участков для облегчения процессов обучения (Bishoff-Grethe et al., 1994).

Искусственная стимуляция нервной системы является одним из самых популярных способов активации нейронных сетей с целью активации мозга и инициации процессов нейропластичности.

Интенсивная ритмическая стимуляция действующих нейронов приводит к соответствующей активации синаптических контактов и аксонов, в том числе весь комплекс пред- и постсинаптических нейробиохимических механизмов. Нейропластичность, вызванная активацией нейронов, хорошо известна в нейрофизиологии. Такие феномены как длительная потенция или депрессия нейронных сетей могут лежать в основе эффектов, наблюдаемых при использовании ПоНС технологии.

Долговременная потенция (Long-term potentiation, LTP), как и Долговременная депрессия (Long term inhibition, LTI), это усиление / угнетение синаптической передачи между двумя нейронами, сохраняющееся на протяжении длительного времени после воздействия на синаптический проводящий путь. LTP участвует в механизмах синаптической пластичности, обеспечивающих нервную систему живого организма возможностью адаптироваться к изменяющимся условиям внешней среды. Большинство теоретиков нейрофизиологии полагают, что долговременная потенция совместно с долговременной депрессией лежат в основе клеточных механизмов памяти и обучения [22, 23].

Регулярная стимуляция с устройства ПоНС, активируя обширные области мозга, повышает эффективность существующих нейронных сетей (принцип «используй или потеряешь»), увеличивает вероятность образования новых синаптических контактов (синаптогенез), усиливает врожденную способность мозга к улучшению моторной функции. Цель успешной нейрореабилитации при такой стимуляции заключается в восстановлении моторной функции или обучение новым моторным навыкам. Цель достигается комбинированием специализированных упражнений (максимальное напряжение существующих, хотя и поврежденных, функциональных нейронных сетей) с широкой активацией мозга при помощи прибора ПоНС.

Объединив активацию мозга с целевой физической тренировкой, направленной на восстановление утраченной функции или на обучение новым навыкам, как при церебральном параличе у детей, когда они не умеют сидеть, стоять, ходить – мы влияем на функциональные нервные сети, непосредственно вовлеченные в решение этих задач. Процессы нейропластичности, вызванные периферической стимуляцией, направляются в нужном направлении при помощи специализированных упражнений.

Электротактильная стимуляция языка является, на данный момент, наиболее эффективной стимуляцией центральной нервной системы. Язык наиболее тонкий участок относительно других поверхностей кожи, насыщенный разными видами механо-, термо- и вкусовых рецепторов, с дополнением свободных нервных окончаний. Эта зона с максимальной плотностью механорецепторов на единицу площади и имеет минимальный двухточечный порог дискриминации: 0,5–1 мм для механической стимуляции и 0,25–0,5 мм для электрической стимуляции. Два основных краниальных нерва (ветки тройничного нерва содержат 20000–22000 нервных волокон и лицевого нерва содержат 3000–6000 нервных волокон) от передней поверхности языка обеспечивают

передачу нервных импульсов непосредственно в структуры ствола мозга, активируя комплекс ядер тройничного нерва (мезенцефалическое, сенсорное и спинальное – самые большие ядра ствола). Одновременно по ветке лицевого нерва стимулируется соседнее ядро солитарного тракта. Непосредственно активируются также кохлеарные ядра, структуры медуллы и верхние отделы шейного отдела позвоночника (C2 и C3). В зону вторичной активации попадает ретикулярная формация ствола мозга, комплекс вестибулярных ядер и вентральная часть мозжечка. Как известно, зона ствола мозга имеет большое скопление нейронных ядер (86), часть из них занимается автономной регуляцией (кровообращение, дыхание), другая часть – сенсомоторной интеграцией. Не следует исключать и возможную вторичную активацию активности общих систем нейробиохимической регуляции активности мозга, ядра которых расположены в стволе мозга – норадренэргическую, дофаминэргическую, серотонинэргическую и ацетилхолинергическую. Из этой же области выходят нисходящие пути, регулирующие активность мотонейронов спинного мозга, а именно: тройнично-спинальный, солитарно-спинальный и три вестибуло-спинальных, непосредственно вовлеченных в регуляцию активности нижних конечностей и ходьбы.

Таким образом, электротактильная стимуляция языка действительно способна широко активировать центральную нервную систему и иницировать процессы нейропластичности, необходимые для эффективной нейрореабилитации нервной системы.

С этой точки зрения, результаты нашего исследования вполне объяснимы и определяются несколькими факторами: исходным состоянием пациента, интенсивностью занятий и направленностью специализированных упражнений.

Настоящее исследование является самым первым пробным исследованием, с единственной целью определить целесообразность использования ПоНС терапии для реабилитации детей с детским церебральным параличом. В связи с тем, что дети с ДЦП быстро истощаемы, тренировочная процедура была ограничена одной 20 минутной стимуляцией в день, в течение 10 дней.

Для сравнения, у взрослых в хронической стадии после инсульта или ЧМТ, только начальный, двухнедельный курс, включает как минимум две тренировочные сессии (по 1–1,5 часа). В тяжелых случаях, рекомендуется тренироваться с нейростимуляцией до 4–5 часов в день.

Несомненно, физическая терапия (лечебная гимнастика, ЛГ) сама по себе является традиционно эффективным методом реабилитации, однако с известными ограничениями.

В нашем исследовании, в контрольной группе пациентов, наблюдался статистически значимый эффект: на равновесие (шкала Берга, Рис. 3, А), спастичность рук (шкала Ашворта, Рис. 2, А), общий моторный контроль (Рис. 3, Б), но не спастичность ног (Рис. 2, Б).

Учитывая ограниченность и минимальную интенсивность тренировок, основная задача исследования была ограничена формированием новых моторных навыков. Пациент за 10 занятий должен был сформировать новый моторный навык, закрепить его и уверенно использовать в повседневной жизни.

Поскольку все три комплекса упражнений были связаны с преимущественной активностью нижних конечностей, то не удивительно, что именно спастичность ног уменьшилась при использовании нейростимуляции больше, чем в контрольной группе.

Исходя из этих соображений, понятно, почему статистически значимо улучшился индекс общего моторного контроля (шкала GMFCS, Рис. 3, Б). Поскольку именно развитие навыков общего моторного контроля было задачей тренировок, именно эти нейронные сети и улучшили свой уровень функциональной активности в результате нейростимуляции. В то же время, традиционная ЛГ в контрольной группе была не эффективна, несмотря на лучшие исходные условия. Примечательно, что основная группа пациентов в исходном состоянии была гораздо менее мобильна, чем контрольная группа. Это полностью совпадает с результатами предыдущих исследований ПоНС. Та поведенческая функция, которая максимально тренируется одновременно с нейростимуляцией, улучшается, прежде всего – тренировка ходьбы у больных с РС, упражнение для спасательных рук больных после инсульта, тренировка равновесия у больных с ЧМТ и т.д.

Выводы. Данное исследование проведенное на базе СПб ГБУЗ ГБН[№]40, подтвердило исходную гипотезу, что транслингвальная нейростимуляция головного мозга,

может влиять на равновесие, координацию движения, формирование моторных навыков у детей с церебральным параличом в поздний восстановительный период.

Данная методика является инновационной в области нейростимуляции, неинвазивной, безопасной и удобной в применении. Действительно, ежедневная 20 минутная стимуляция языка в течение двух недель повышает врожденные способности мозга к улучшению моторной функции, способствует образованию новых моторных навыков.

Использование нейростимуляции при помощи прибора ПоНС, в сочетании с лечебной гимнастикой (целенаправленных занятий), позволяет улучшить эффективность восстановления двигательных функций и развитие моторных навыков.

Очевидно, что необходимо продолжать исследования с целью более широкого внедрения ПоНС терапии в нейрореабилитацию детей с ДЦП. Необходимо оптимизировать интенсивность и продолжительность занятий, расширить диапазон тренировочных упражнений, объективизировать процедуры тестирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Айкарди Ж. Заболевания нервной системы у детей / Пер. с англ. Т.С. Проценко, С.В. Барашкова, под общ. ред. А.А. Скоромца Т.Ж. М.: БИНОМ, 2013; 568 с.
2. Кловоский Б.Н. Проблема развития мозга и влияние на него вредных факторов. М., 1960; 239 с.
3. Барашнев Ю.И. Асфиксия, как фактор перинатальных церебральных расстройств В кн.: Барашнева Ю.И.: Перинатальная неврология. М.: Трида-х; 2011; С.251-269.
4. Барашнев Ю.И. Гипоксически-ишемическая энцефалопатия новорожденных: вклад перинатальных факторов, патогенетическая характеристика и прогноз // Рос. вест. перинат. и педиатр.; 1996; 2: 29–35.
5. Звозиль А.В., Моренко Е.С., Виссарионов С.В., Умнов В.В., Моношкина Т.Р., Герасименко Ю.П., Баиндурашвили А.Г. Функциональная и спинальная стимуляция в комплексной реабилитации с ДЦП // Vedral Sciency; 2015; 2: 40–46.
6. Danilov Y.P., Tyler M.E., Skinner K.L., Hogle R.A., Bach-y-Rita P. Efficacy of electrotactile vestibular substitution in patients with peripheral and central vestibular loss // Journal of Vestibular Research; 2007; 17 (2, 3); 119–13.
7. Danilov, Y. P., Tyler, M. E., Kaczmarek K. A. Vestibular sensory substitution using tongue electrotactile display. Human Haptic Perception: Basics and Applications. Birkhauser Basel Switzerland, 2008; 467–480.
8. Venera Ghulyan-Bedikian, Michel Paolino, Fabien Paolino. Short-term retention effect of rehabilitation using head position-based electrotactile feedback to the tongue: Influence of vestibular loss and old-age // Gait & Posture, 2013; 38 (4); 777–783.
9. Tyler, ME, Kaczmarek, KA, Rust KL, Subbotin AM, Skinner, KL, Danilov, YP. Non-invasive neuromodulation to improve gait in chronic multiple sclerosis: a randomized double blind controlled pilot trial // Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 2014; 11 (1); 79.
10. Badke MB, Sherman J, Boyne P, Page S, Dunning K. Tongue-based biofeedback for balance in stroke: results of an 8-week pilot study // Arch Phys Med Rehabil, 2011; 92 (13); 64–70.
11. Amanda E Chisholm, Raza Naseem Malik, Jean-Sébastien Blouin, Jaimie Borisoff, Susan Forwell Tania Lam. Feasibility of sensory tongue stimulation combined with task-specific therapy in people with spinal cord injury // Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 2014; 11; 96.
12. Danilov Y., Kaczmarek, K. Skinner K., Tyler M. Cranial nerve noninvasive neuromodulation: New approach to neurorehabilitation: Brain neurotrauma: Molecular, neuropsychological, and rehabilitation aspects: CRC Press; 2015; 605-628.
13. Bach-y-Rita P. Late postacute neurologic rehabilitation: Neuroscience, engineering, and clinical programs // Arch Phys Med Rehabil; 200; 84: 1100–1108.
14. Wildenberg J., Tyler M.E., Danilov Y.P., Kaczmarek K., Meyerand M. Altered Connectivity of the Balance Processing Network After Tongue Stimulation in Balance-Impaired Individuals // Brain Connectivity; 2013; 3 (1): 87–97.
15. Wildenberg J., Tyler M.E., Danilov Y.P., Kaczmarek K., Meyerand M. High-resolution fMRI detects neuromodulation of individual brainstem nuclei by electrical tongue stimulation in balance-impaired individuals // Neuroimage; 2011; 56 (4): 2129–2137.
16. Wildenberg J., Tyler M.E., Danilov Y.P., Kaczmarek K., Meyerand M. Electrical Tongue Stimulation Normalizes Activity Within the Motion-Sensitive Brain Network in Balance-Impaired Subjects as Revealed by Group Independent Component Analysis // Brain connectivity; 2011; 1 (3): 255–265.
17. Bach-y-Rita P. Theoretical basis for brain plasticity after a TBI // Brain Inj; 2003; 17: 643–651.
18. Bach-y-Rita P. Theoretical and practical considerations in the restoration of function after stroke // Top Stroke Rehabil; 2001; 8 (1): 51–58.
19. Bach-y-Rita P. Brain plasticity as connecta basis for recovery of function in humans // Neuropsychologia; 1990; 28: 547–554.
20. Danilov Y.P., Tyler M.E., Bach-Y-Rita P. Vestibular substitution for postural control // Innovations Technologiques et Handicap: Actes des 17e / Entretiens de l'Institut Garches; 2004; 17: 216–224.
21. Danilov, Y.P., Tyler M.E., Skinner K.L., Bach-y-Rita P., Efficacy of electrotactile vestibular substitution in patients with bilateral vestibular and central balance loss // Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc; 2006; 6605–6609.
22. Danilov, Y.P., M.E. Tyler, K.L. Skinner, R.A. Hogle, and P. Bachy-Rita. Efficacy of electrotactile vestibular substitution in patients with peripheral and central vestibular loss // J Vestib Res; 2007; 17: 119–130.
23. Lomo T. The discovery of long-term potentiation // Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci; 2003; 17–20.
24. Bliss T.V., Lomo T. Long-lasting potentiation of synaptic transmission in the dentate area of the anaesthetized rabbit following stimulation of the perforant path // J Physiol; 1973; 232 (2): 331–56.

REFERENCES:

1. Acaydi J. Zabolevania of a nervous system at children; Moscow Bing; 2013; 586.
2. Klovosky B. N. the Problem of development of a brain and influence on it of harmful factors. Moscow, 1960; 239.
3. Barashnev Y.I. Asfiksiya as a factor of perinatal cerebral disorders "In kN: Barashnev Y.I. Perinatal neurology. Moscow;" Triads-x" 2005; 251-269.
4. Barashnev Y.I. Hypoxemic – ischemic encephalopathy of newborns: contribution of perinatal factors, pathogenetic characteristic and forecast // Ros. vest. perinat. and pediatrician. 1996; 2: 29–35.
5. Zvozil A.V., Morenko E.S., Vissarionov S.V., Umnov V. V., Monoshkina T.R., Gerasimenko Y.P., Baindurashvili A.G. Functional and spinal stimulation in complex aftertreatment with cerebral spastic infantile paralysis // Vedral Sciency. 2015; 2: 40–46.
6. Danilov Y.P., Tyler M.E., Skinner K.L., Hogle R.A., Bach-y-Rita P. Efficacy of electrotactile vestibular substitution in patients with peripheral and central vestibular loss // Journal of Vestibular Research; 2007; 17 (2,3); 119–13.
7. Danilov, Y. P., Tyler, M. E., Kaczmarek K. A. Vestibular sensory substitution using tongue electrotactile display. Human Haptic Perception: Basics and Applications. Birkhauser Basel Switzerland, 2008; 467–480.
8. Venera Ghulyan-Bedikian, Michel Paolino, Fabien Paolino. Short-term retention effect of rehabilitation using head position-based electrotactile feedback to the tongue: Influence of vestibular loss and old-age // Gait & Posture, 2013; 38 (4); 777–783.
9. Tyler, ME, Kaczmarek, KA, Rust KL, Subbotin AM, Skinner, KL, Danilov, YP. Non-invasive neuromodulation to improve gait in chronic multiple sclerosis: a randomized double blind controlled pilot trial // Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 2014; 11 (1); 79.
10. Badke MB, Sherman J, Boyne P, Page S, Dunning K. Tongue-based biofeedback for balance in stroke: results of an 8-week pilot study // Arch Phys Med Rehabil, 2011; 92 (13); 64–70.

11. Amanda E Chisholm, Raza Naseem Malik, Jean-Sébastien Blouin, Jaimie Borisoff, Susan Forwell Tania Lam. Feasibility of sensory tongue stimulation combined with task-specific therapy in people with spinal cord injury // *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2014; 11; 96.
12. Danilov Y., Kaczmarek K., Skinner K., Tyler M. Cranial nerve noninvasive neuromodulation: New approach to neurorehabilitation: Brain neurotrauma: Molecular, neuropsychological, and rehabilitation aspects: CRC Press; 2015; 605–628.
13. Bach-y-Rita P. Late postacute neurologic rehabilitation: Neuroscience, engineering, and clinical programs // *Arch Phys Med Rehabil*; 200; 84:1100–1108.
14. Wildenberg J., Tyler M.E., Danilov Y.P., Kaczmarek K., Meyerand M. Altered Connectivity of the Balance Processing Network After Tongue Stimulation in Balance-Impaired Individuals // *Brain Connectivity*; 2013; 3 (1): 87–97.
15. Wildenberg J., Tyler M.E., Danilov Y.P., Kaczmarek K., Meyerand M. High-resolution fMRI detects neuromodulation of individual brainstem nuclei by electrical tongue stimulation in balance-impaired individuals // *Neuroimage*; 2011; 56 (4): 2129–2137.
16. Wildenberg J., Tyler M.E., Danilov Y.P., Kaczmarek K., Meyerand M. Electrical Tongue Stimulation Normalizes Activity Within the Motion-Sensitive Brain Network in Balance-Impaired Subjects as Revealed by Group Independent Component Analysis // *Brain connectivity*; 2011; 1 (3): 255–265.
17. Bach-y-Rita P. Theoretical basis for brain plasticity after a TBI // *Brain Inj*; 2003; 17: 643–651.
18. Bach-y-Rita P. Theoretical and practical considerations in the restoration of function after stroke // *Top Stroke Rehabil*; 2001; 8 (1): 51–58.
19. Bach-y-Rita P. Brain plasticity as connecta basis for recovery of function in humans // *Neuropsychologia*; 1990; 28: 547–554.
20. Danilov Y.P., Tyler M.E., Bach-Y-Rita P. Vestibular substitution for postural control // *Innovations Technologiques et Handicap: Actes des 17e / Entretiens de l'Institut Garches*; 2004; 17: 216–224.
21. Danilov Y.P., Tyler M.E., Skinner K.L., Bach-y-Rita P., Efficacy of electrotactile vestibular substitution in patients with bilateral vestibular and central balance loss // *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*; 2006: 6605–6609.
22. Danilov Y.P., M.E. Tyler, K.L. Skinner, R.A. Hogle, and P. Bachy-Rita. Efficacy of electrotactile vestibular substitution in patients with peripheral and central vestibular loss // *J Vestib Res*; 2007; 17: 119–130.
23. Lomo T. The discovery of long-term potentiation // *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*; 2003: 17–20.
24. Bliss T.V., Lomo T. Long-lasting potentiation of synaptic transmission in the dentate area of the anaesthetized rabbit following stimulation of the perforant path // *J Physiol*; 1973; 232 (2): 331–356.

РЕЗЮМЕ

Цели: оценить эффективность нейростимуляции периферических нервов для улучшения движения у детей с церебральным параличом (ЦП).

Устройство: транслингвальная стимуляция представлена портативным устройством (PON). Устройство обеспечивает электрические импульсы на переднюю поверхность языка через матрицу, которая включает в себя 143 электрода.

Дизайн: пилотное слепое контролируемое исследование с квазирандомизированного дизайном. Меры, имели место до и после десяти дней обучения.

На базе: Санкт-Петербург городской клинической больницы № 40.

Метод: Шестьдесят пять (65) детей с церебральным параличом, которые оценивались по шкале больших моторных навыков, (GMFCS), которые варьировались от II–IV, возраст от 3 до 13 лет, участвовали в 10 дней стандартной физической терапии и обучения управления движением, равновесием. Активная группа (n = 45), получали дополнительные 20–25 минут нейростимуляцию, которая была выполнена один раз в день. Основным критерием результата был забит в трех различных тестах: Ashworth Scale (спастичности), Berg Scale (баланс) и GMFCS (шкала больших моторных навыков). Вторичные меры предпочтительны скорость ходьбы, длина шага, силы нижних конечностей, качество жизни.

Результаты: неинвазивная транслингвальная нейростимуляция, действительно, облегчает и увеличивает эффективность стандартной физической терапии. Мы обнаружили статистически значимое различие между активными и контрольными группами в спастичности нижних конечностей и при оценке по шкале больших моторных навыков, также наблюдались положительные изменения в качестве жизни, когнитивные функции и социальный статус.

Выводы: Эти предварительные результаты подтверждают использование неинвазивной транслингвальной стимуляции для улучшения и повышения результатов стандартной физической терапии для детей с церебральным параличом. Использование Pons устройства может улучшить контроль за движением детей с ЦП.

Ключевые слова: транслингвальная нейростимуляция головного мозга, детский церебральный паралич, нейропластичность, ствол мозга, мозжечок, равновесие, вестибулярная функция, нейрональная активность, моторные навыки.

ABSTRACT

Objectives: to evaluate the efficiency of peripheral nerve neurostimulation for enhancement of the movement rehabilitation in children with cerebral palsy (CP).

Device: The electrolingual stimulation was performed by portable neurostimulation device (PoNS). The device delivers electrical impulses through the matrix of 143 flat golden electrodes to the frontal part of the tongue surface.

Design: The unblinded pilot controlled trial with a quasi-randomized design. Measures occurred before and after ten days of training.

Setting: Sankt Petersburg City Clinic №40.

Method: Sixty-five (65) children with CP, who had Gross Motor Function Classification Scores (GMFCS) that ranged from II–IV, age from 3 to 13 years, participated in 10 days of standard physical therapy and movement control training. Active group (n=45) received an additional 20–25 minutes neurostimulation that was performed once a day. The primary outcome measure was scored in three different tests: Ashworth Scale (spasticity), Berg Scale (balance) and GMFCS (general motor control). The secondary measures were the preferred walking speed, step length, lower extremity strength, quality of life.

Results: The noninvasive electrolingual neurostimulation, indeed, facilitate and reinforce the efficiency of standard physical therapy. We found statistically significant difference between active and control groups in spasticity of the lower limbs and gross motor functions. The positive changes in quality of life, cognitive functions, and social status were also observed.

Conclusions: These preliminary findings support the use of noninvasive electrolingual stimulation for enhancement and facilitation of standard physical therapy for cerebral palsy children. The use of PoNS device can improve the motor control of children with CP.

Keywords: translingvalnaya neurostimulation of brain, cerebral palsy, neuroplasticity, the brain stem, cerebellum, balance, vestibular function, neuronal activity, motor skills.

Контакты:

Игнатова Т.С.

E-mail: ignatova_tatiana@inbox.ru