

К.Д. Белик, Д.С. Журбей, Д.В. Белик

АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ФОРМИРОВАНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АССОЦИАЦИЙ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ АССОЦИАТИВНЫХ ФУНКЦИЙ РЕЧИ У БОЛЬНЫХ СЕНСОРНОЙ АФАЗИЕЙ

Аннотация

На основе автоматического стимулирования различных температурных и механических ассоциаций, определяющих свойства объектов, соответствующих изучаемым понятиям и имеющим сходное фонематическое звучание, формируются дополнительные возможности по восстановлению слухоразличительной функции, что должно обеспечивать сокращение времени восстановления больных сенсорной афазией. В соответствии с этой концепцией разработан метод формирования параллельных ассоциаций и аппаратно-программная система, реализующая данный метод.

Клинические аспекты

Проблема инсульта в последние годы становится все более актуальной. Инсульт не только занимает второе место по количеству смертельных исходов во всем мире после инфаркта миокарда, но и является главной причиной тяжелых форм инвалидности.

Уже не редкость случаи инсульта у 30-40-летних людей, а также у детей и подростков. В связи с этим на сегодняшний день инсульт представляет собой важную социально-экономическую проблему. Количество случаев этого заболевания в год в России достигло отметки в 500 000. При этом треть больных находятся в трудоспособном возрасте.

Примерно в половине случаев инсульт сопровождается нарушением речевой функции – афазией. Причинами афазии являются разнообразные поражения речевых систем головного мозга в период уже сформировавшейся речи. К таким поражениям кроме нарушений мозгового кровообращения относятся: травмы головного мозга, воспалительные процессы мозга и его опухоли [1].

На сегодняшний день сложнее всего поддаются консервативному лечению системные нарушения речевой функции, носящие название сенсорной, или ассоциативной, афазии.

При ассоциативной (сенсорной) афазии в первую очередь нарушается распознавание произнесенных слов (центр Вернике) – ассоциативная функция речи. Афазик слышит речь, но не понимает, о чем говорят.

Это состояние можно сравнить с тем, которое бывает, когда человек слышит незнакомую иностранную речь [2]. Афазик, подобно человеку, не владеющему чужим языком, не только не понимает, но и не «слышит» хорошо знакомый ему до болезни родной язык, *т. е. не выделяет из звукового потока членораздельные элементы этого языка, не систематизирует звуки речи соответственно законам родного языка.*

В результате нарушенного фонематического слуха у больных сенсорной афазией расстраивается функция контроля собственных высказываний.

Исследователи всегда указывали на тот факт, что при большинстве форм афазии, слова, обозначающие

предметы, их качества (имена существительные и частично прилагательные) «страдают» значительно больше, чем слова, обозначающие действия или отношения [3].

Характерно, что нарушения речевого (фонематического) слуха, возникающие у правой при поражении височной доли левого полушария, где находится центр распознавания речи, вовсе не обязательно сопровождаются нарушением музыкального слуха.

Просодическая (ритмико-мелодическая) сторона речи при сенсорной афазии, как правило, не страдает. Как было описано рядом авторов, различие звуко-высотных отношений и музыкальный слух могут сохраняться у больных (правшей) с поражением левой височной доли, но значительно страдают в некоторых случаях поражения правой височной доли [Фейхтвангер, 1930; Уствед, 1937; Омбретан, 1945; Лурия, Цветкова, Футер, 1966 и др.] и в других случаях при поражении полюса височной области.

При этом наблюдения за случаями височной (сенсорной) афазии показывают, что поражение систем верхневисочной области приводит к отчетливым нарушениям запоминания и воспроизведения слов. Иначе говоря, нарушение сенсорной речи всегда сопровождается явлениями речевой амнезии.

Характерной особенностью сенсорной афазии является и тот факт, что все функции, не связанные со звуковым анализом и синтезом, остаются, как правило, сохранными. Больной с поражением височных систем продолжает правильно выполнять задачи, требующие зрительного анализа изображений, хорошо ориентируется в пространственном расположении линий, успешно осуществляет операции пространственного праксиса. Нередко все эти функции оказываются настолько сохранными, что больной может даже прибегать к ним, чтобы компенсировать свой основной дефект. Поэтому опора на кинестетический и зрительно-пространственный анализ и синтез может быть использована при восстановительном обучении больных этой группы [3].

Необходимо отметить, что нарушение понимания смысла слова (отчуждение его смысла), наблюдаемое при поражениях левой височной области,

Современные методы лечения сенсорной афазии

Наименование метода	Сильные стороны	Слабые стороны
Смысловая группировка понятий [1], [2]	<ul style="list-style-type: none"> • Консервативное лечение; • отсутствие побочных эффектов, свойственных фармакологическому методу; • субъективность подхода к лечению, исходя из фонетических и логических особенностей заболевания 	<ul style="list-style-type: none"> • Отсутствие нормализованного по амплитудно-частотным характеристикам фонетического набора речи (понятия), определяющего объект; • двухфакторное описание объекта – только через фонетический набор и визуальный образ; • группировка визуальных образов понятий осуществляется только по смысловой близости к изучаемому понятию; • для восстановления ассоциативных функций речи необходимо два-три года
Аудио-визуальная стимуляция [4]	<ul style="list-style-type: none"> • На основе воздействия на зрительный и слуховой анализаторы сигналом с заданной скважностью возможно формирование ассоциаций между объектом и его динамическими характеристиками; • способствует восстановлению темпо-ритмических нарушений речи 	<ul style="list-style-type: none"> • Отсутствует смысловая группировка понятий; • не используется слово как фонетический символ понятия, определяющего объект; • двухфакторное описание объекта осуществляется только через звуковой ряд и визуальный образ
Фармакологические препараты [5]	<ul style="list-style-type: none"> • Разнообразие используемых препаратов; • улучшение мозгового кровотока и микроциркуляции; • употребление препаратов способствует образованию новых межнейронных связей 	<ul style="list-style-type: none"> • Возможная непереносимость отдельных компонентов препаратов; • побочные действия; • возможные противопоказания; • метод является эффективным исключительно в совокупности с другими методами лечения
Хирургическое вмешательство	<ul style="list-style-type: none"> • Метод используется в тяжелых случаях, преимущественно для удаления пораженных областей головного мозга и восстановления его нормального кровоснабжения 	<ul style="list-style-type: none"> • Метод является инвазивным и сопряжен с риском утраты пациентом других функций ЦНС

не всегда является результатом распада фонематического слуха, приводящего к тому, что звучание слова становится нечетким и теряет свою устойчивость.

Клинике хорошо известны формы, при которых нарушение понимания смысла слов возникает на фоне относительной сохранности фонематического слуха. В таких случаях (которые описывались в классической литературе под названием транскортикальной сенсорной афазии) больной продолжает относительно хорошо различать близкие фонемы, иногда даже может писать, но начинает воспринимать предложенные ему на слух слова как чуждые ему по смыслу. Есть все основания думать, что в этих случаях, которые трактовались некоторыми авторами как «ассоциативная слуховая агнозия», нарушение формирования значения слов происходит в другом звене, чем это было описано выше.

Исследования тонкого строения коры головного мозга и проводящих путей показали, что основной первичной (проекционной) слуховой зоной коры (или центральной частью коркового ядра слухового анализатора) являются поперечные извилины, или извилины Гешля (поле Бродмана 41 и отчасти 42), причем слуховые волокна от каждого уха представлены в поперечных извилинах обоих полушарий [3]. При этом функции понимания речи, температурной чувствительности и механические осязания сосредоточены в теменной доле, расположенной рядом с полем Вернике.

Вышесказанное позволяет предполагать возможность сокращения времени образования необходимых функциональных и структурных связей в результате использования сохранившихся механизмов звуко-высотной (фонематической), осязательной и температурной ассоциаций для формирования навыка фонетико-смысловой ассоциации понятий, определяемых близкими по звучанию фонематическими рядами.

Обзор существующих методов

В настоящее время для лечения пациентов, страдающих сенсорной афазией, используются следующие методы: метод смысловой группировки понятий, аудио-визуальная стимуляция, фармакологическое лечение и хирургическое вмешательство (табл. 1).

Анализ существующих на сегодняшний день методов позволяет сделать вывод о том, что единственным эффективным консервативным методом лечения больных сенсорной афазией является смысловая группировка понятий, реализуемая логопедом-афазиологом. Принцип этого метода заключается в следующем. Логопед демонстрирует пациенту изображения объектов (понятий), определяющих изучаемые слова, и одновременно проговаривает их. В результате больной ассоциирует объект, соответствующий изучаемому слову, и его фонематический образ, что позволяет ему правильно его проговаривать. Однако известно, что подсказка больному в большинстве случаев не

«оживляет» необходимых акустико-речевых ассоциаций и не помогает ему найти нужное слово. Больной, старающийся назвать предложенный предмет, продолжает безуспешные попытки выделить нужное звучание из всех возможных звуковых комплексов [3].

Больной не запоминает произнесенное слово и при повторном произнесении врачом не способен его вновь воспроизвести. Это происходит до тех пор, пока больной не начнет в процессе лечения ассоциировать произнесенное слово с описываемым этим словом объектом, что возможно только под руководством врача через сенсорное изучение физических свойств объекта. Ограничение количества воздействующих факторов в этом методе не позволяет больному систематизировать слова по другим устойчивым критериям (имеющим вегетативную природу), наряду со звуковым и визуальным.

Аудио-визуальные методы могут рассматриваться в качестве форвардов при лечении форм ассоциативных нарушений речи, близких к тотальным, когда нарушена ритмико-мелодическая составляющая речи.

Общая продолжительность времени лечения при использовании традиционного метода смысловой группировки понятий может составлять от двух до трех лет, что не позволяет больному в течение этого времени в полной мере включиться в производственно-культурный процесс.

В связи с этим необходимо применение метода лечения сенсорных афазий, позволяющего сократить время восстановления ассоциативной функции речи за счет применения дополнительных ассоциирующих воздействующих факторов.

Предлагаемый метод

Смысловая группировка понятий

Известно, что восстановление нарушенных функций головного мозга происходит за счет реализации его компенсаторных возможностей – образования новых нейронных связей взамен разрушен-

ных и последующей перестройки функциональных систем, обуславливающих реализацию утраченной функции [6].

Глубина восстанавливаемой ассоциации предположительно будет определяться количеством нейронов и новых связей, вовлеченных в реализацию функции взаимосвязи между центром, распознающим речь, и зонами ассоциативной памяти.

При поражении слуховой либо ассоциативной речевой областей головной мозг способен на основе нейронов, принадлежащих другим областям, сформировать аналогичные функциональные зоны. К таким областям можно отнести те из них, которые наряду со словом как фонематическим кодом формируют представление о чувственном объекте – рецепторные зоны головного мозга. Наибольшей функциональной емкостью, кроме слуховой, обладают следующие области: зрительная, звуко-различительная, вибро- и механотактильные, температурная, функции которых, как правило, не утрачиваются при нарушении ассоциативных функций речи (при левосторонних височных поражениях мозга). При воздействии на соответствующие этим областям рецепторы происходит восприятие тех свойств объекта, которыми человек привык его описывать и, следовательно, формировать ассоциативные ряды понятий, связанных с определенными состояниями этих свойств (рис. 1).

Как известно, любое понятие (предметная объектная область) может осознаваться и описывается как словом (набором фонем), так и набором ассоциаций (смысловых и сенсорных), формирование которых происходит с участием различных областей головного мозга. Сенсорными ассоциациями, определяющими понятия, будут являться различимые больным значения параметров (свойств) объекта, характерных для различных его состояний: звуковых, визуальных, тактильных (упругость, шероховатость, его форма), температурных (степень нагремости), иногда вкусовых и обонятельных.

При этом в рамках реализации метода предполагается, что формируемое понятие будет представлять собой мысль, отражающую совокупность

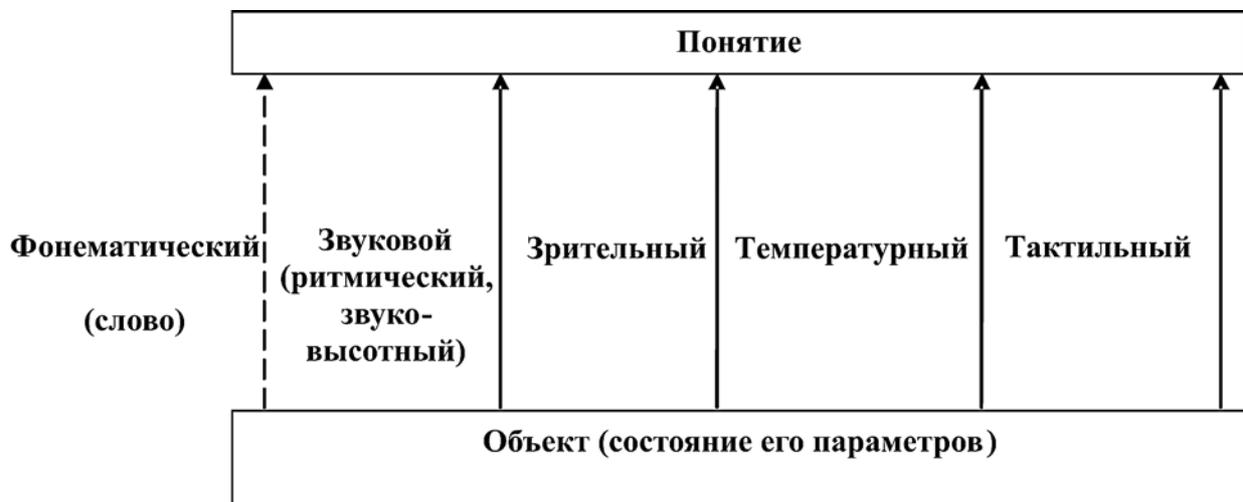


Рис. 1. Механизм формирования понятия у человека

свойств конкретного объекта, описываемых близкими по фонематическому составу словами.

На основе такого подхода предложим принцип объединения понятий в смысловые группы по степени близости амплитудно-частотных характеристик принадлежащих им ударных фонем (рис. 2).

На первом этапе реализации метода необходимо определить перечень фонетически неосознаваемых понятий у пациента, т. е. степень нарушения навыка фонетико-смысловой ассоциации.

В случае тотального нарушения ассоциативной функции у пациента предлагается начать работу с использованием понятий из списка Сводеша.

Список Сводеша представляет собой стандартизированный перечень базовых лексем языка, приблизительно упорядоченный по убыванию их «базовости» или исторической устойчивости. Минимальный набор важнейшей («ядерной») лексики содержится в 100-словном списке Сводеша, однако наиболее часто применяют более подробные 200- и 207-словные списки.

В список Сводеша включают только наиболее простые, очевидные, базовые, современные значения слов, например «глаз», а не «око»; «мокрый», а не «влажный», «увлажненный»; «далекий», а не «дальний», «удаленный»; современное русское «ребенок», а не «дитя». При этом избегают лишних синонимов и сводят выбор к максимально простому, базовому значению слова.

Если же нарушение ассоциативной функции не является грубым, следует переходить к более широкому набору понятий, а затем и к высказываниям.

В процессе группировки неосознаваемых понятий их наборы в первую очередь формируются на основе близости корней слов, обозначающих эти понятия.

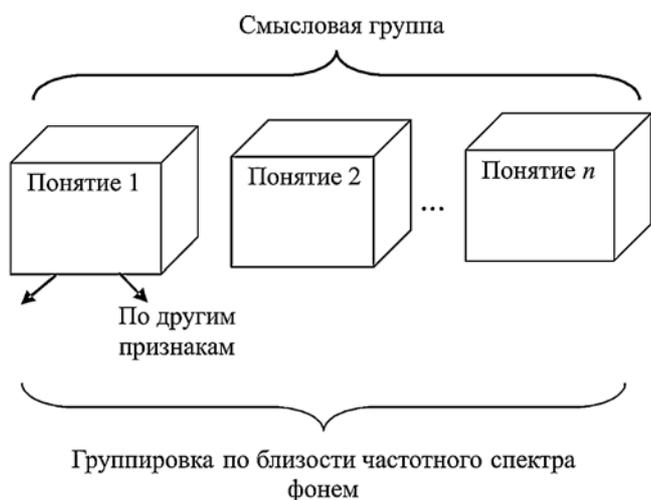


Рис. 2. Схема группировки понятий

Однокоренные слова связаны друг с другом отношением словообразования.

К примеру, рассмотрим понятие *рыба*. Заменяем словосочетания и предложения одним словом, запишем эти слова:

- человек, который ловит рыбу – *рыбак*;
- со вкусом рыбы – *рыбный*;
- маленькая рыба – *рыбка*;
- процесс, когда ловят рыбу – *рыбалка*.

Упорядочим эти понятия по степени «базовости» и получим следующую последовательность: рыба – рыбка – рыбалка – рыбак – рыбный.

После работы с однокоренными словами необходимо сгруппировать слова, не являющиеся однокоренными, но относящиеся к какой-либо одной смысловой схеме (имеющие объединяющее понятие).

Например, для понятия «рука» по топологическому признаку можно получить следующий ряд: рука (объединяющее понятие) – кожа – пальцы – ногти – кольцо.

На следующем этапе реализации метода осуществляется группировка фонематических рядов слов, определяющих понятие в смысловой группе по спектральным характеристикам, определяющим амплитудные и частотные характеристики звукового сигнала (звуковой образ фонематического ряда). Фонематическая группировка производится внутри смысловых групп по степени близости спектральных характеристик ударных фонем этих слов между собой (отдельно по однокоренным словам и отдельно по общим объединяющим понятиям).

Смысловая группировка понятий в соответствии с методом должна осуществляться врачом-афазиологом либо логопедом, проводящим лечение.

Фонематическая группировка понятий

Под степенью близости спектральных характеристик фонем, принадлежащих разным понятиям, понимается значение коэффициента корреляции между ними. Понятия, спектральные характеристики фонем которых имеют наименьший коэффициент корреляции, должны располагаться первыми в группе. С уменьшением коэффициента корреляции между спектральными характеристиками фонем первого и текущего понятий будет увеличиваться порядковый номер этого понятия в смысловой группе.

При этом коэффициенты корреляции между фонемами соседних ассоциированных понятий должны незначительно отличаться друг от друга, т. е. являться близкими по звучанию.

Возможность фонематической группировки понятий по убыванию коэффициентов корреляции между характерными элементами спектральных характеристик их фонем подтверждена результатами экспериментальных исследований.

Для первой серии экспериментов использовались фонемы с согласной «С» (са, со, ся, се, си, су, сю).

Огибающие амплитудно-частотных спектров для этой группы фонем были получены методом интерполяции кубическими сплайнами. По морфологической близости частотных спектров, определяющей схожесть их звучания, понятия могут быть объединены в группы, как это показано на рис. 3.

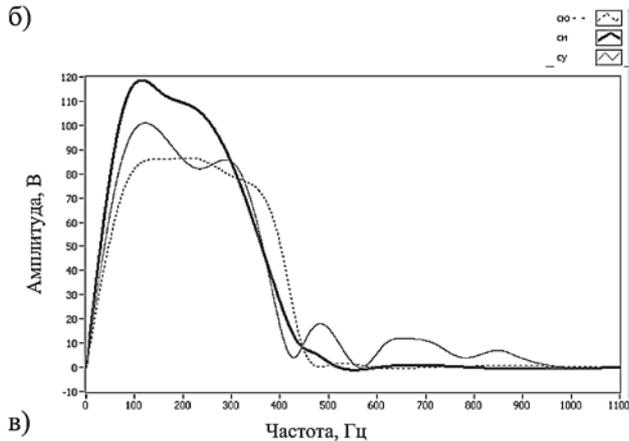
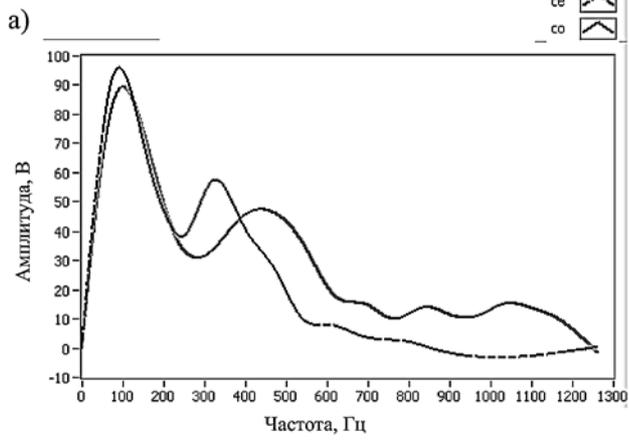
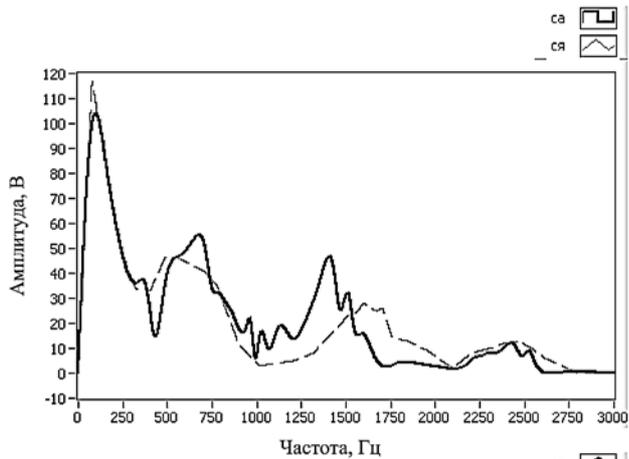


Рис. 3. Интерполированные частотные спектры близких по звучанию фонем на основе согласной «С»:
а) фонемы СА – СЯ; б) фонемы СЕ – СО;
в) фонемы СЮ – СИ – СУ

Аналогично был проведен анализ фонем с согласными «Л» (рис. 4) и «К» (рис. 5).

На основе коэффициентов корреляций между интерполированными спектральными функциями определены фонемы, являющиеся близкими по звучанию для каждой согласной, а также порядковые номера их понятий в смысловой группе (табл. 2, 3, 4).

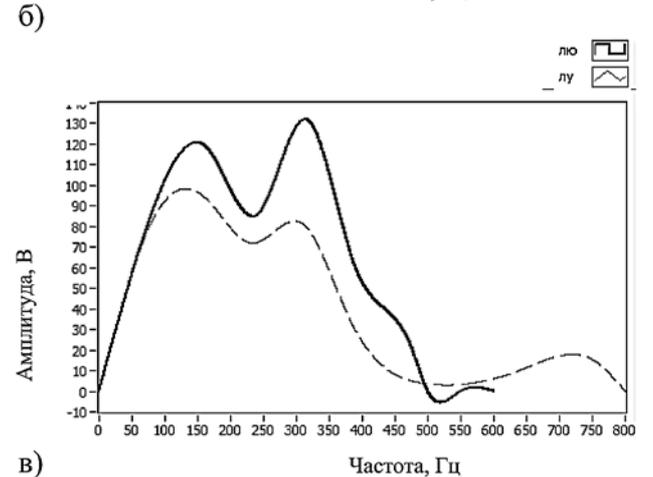
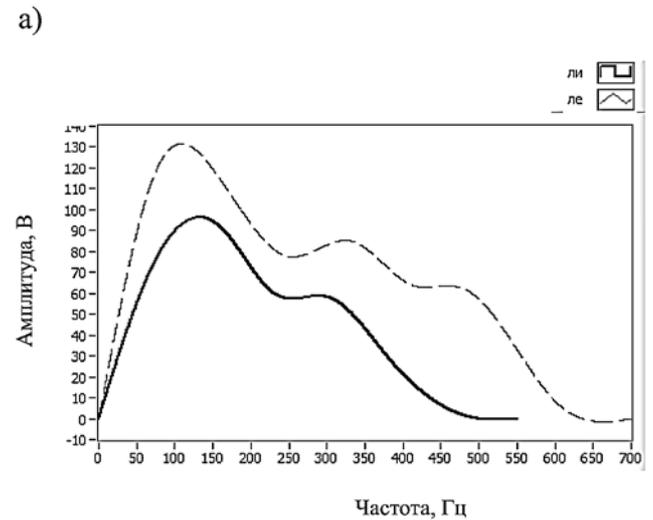
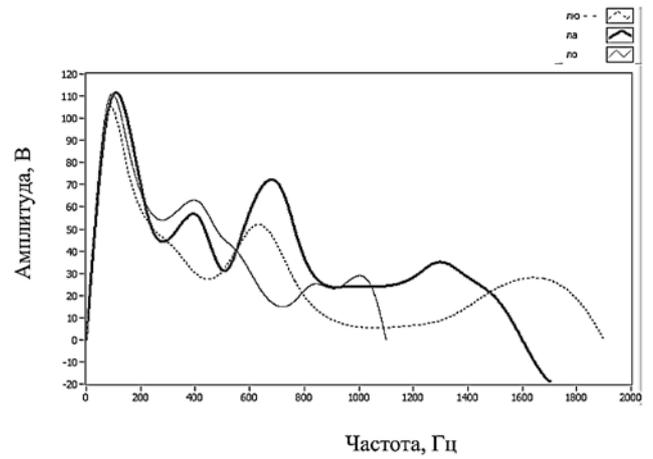
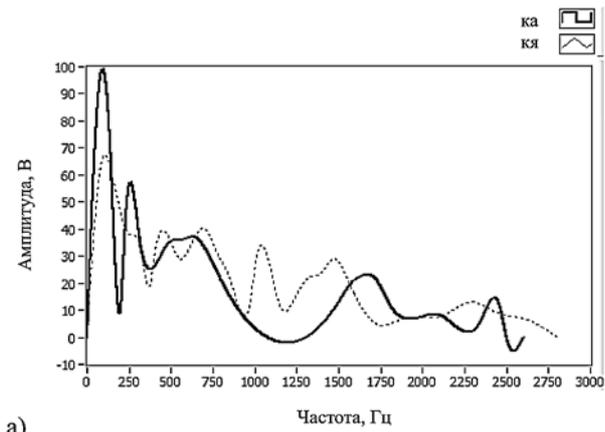


Рис. 4. Интерполированные спектры близких по звучанию фонем на основе согласной «Л»:
а) фонемы ЛЯ – ЛА – ЛО; б) фонемы ЛИ – ЛЕ;
в) фонемы ЛУ – ЛЮ

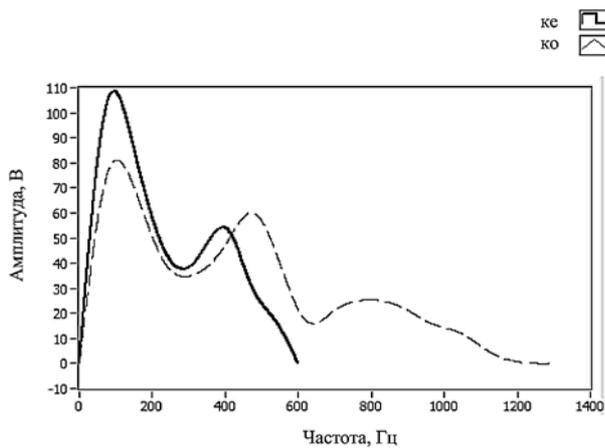
Как уже упоминалось, порядковые номера фонем соответствуют уменьшению межфонемного коэффициента корреляции относительно первой фонемы в группе. В соответствии с порядковым номером происходит озвучивание понятий из смысловой группы, в которой указанная фонема является ударной.

Коэффициенты корреляции между интерполированными спектральными характеристиками фонем, сформированных на основе согласной «С»

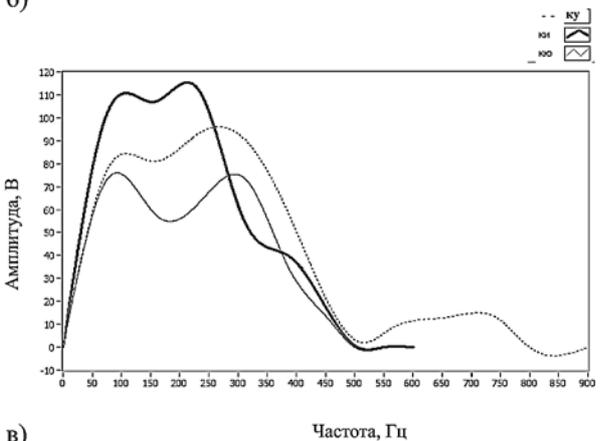
Фонема	СЯ	СО	СУ	СЕ	СЮ	СИ
Порядковый номер	1	2	3	4	5	6
Коэффициент корреляции между первой («СА») и текущей фонемами	0,792	0,767	0,731	0,648	0,573	0,215
Коэффициент корреляции между соседними фонемами	0,792	0,887	0,791	0,789	0,708	0,794



а)



б)



в)

Рис. 5. Интерполированные спектры близких по звучанию фонем на основе согласной «К»: а) фонемы КА – КЯ; б) фонемы КЕ – КО; в) фонемы КУ – КИ – КЮ

Значения коэффициента корреляции $K_{кор}$ в виде графиков для согласных «С», «К» и «Л» между фонемами первого и текущего понятий и между фонемами соседних понятий, в соответствии с порядком следования понятий в смысловых группах, приведены на рис. 6.

Как видно из рис. 6, для всех исследованных согласных коэффициенты корреляции между фонемами соседних понятий в последовательности превышают или примерно равны значениям этих коэффициентов между фонемами первого и последующих понятий. При этом коэффициенты корреляции между фонемами соседних понятий отличаются незначительно, что указывает на сходство звучания этих фонем.

Для достижения полученных результатов должен использоваться синтезатор речи, позволяющий формировать фонематический ряд слова с минимальными отклонениями его спектральных характеристик в ходе всего курса лечения.

Синтезатор «проговаривает» фонематически близкие понятия из смысловой группы. При этом термомеханический модуль, о котором будет подробно сообщено далее, формирует рельеф, упругость и температуру своей поверхности, контактной с рецепторами пальцев руки так, чтобы решающая способность рецепторов позволяла различать значения этих параметров, в том числе сформированных в рамках одного смыслового контекста.

При тех формах афазии, когда нарушено только ассоциативное мышление, предложенный подход позволит формировать ассоциативное поле с различимыми по смыслу понятиями на основе амплитудно-частотной упорядоченности понятий по их ударным фонемам.

При этом группировка понятий в соответствии с указанными принципами позволяет установить взаимосвязь изучаемого понятия (его смысла) с воспринимаемыми фонематическими характеристиками ассоциированных понятий в рамках единой смысловой группы.

Формирование навыка фонетической ассоциации на основе механической и температурной рецепций

Известно, что на основе информации, полученной с механических рецепторов, расположенных в тканях пальцев, возможно описание объекта в категориях, близких к категориям зрительного анализа [7].

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между интерполированными спектральными характеристиками фонем, сформированных на основе согласной «К»

Фонема	КЕ	КЯ	КИ	КО	КУ	КЮ
Порядковый номер	1	2	3	4	5	6
Коэффициент корреляции между первой («КА») и текущей фонемами	0,891	0,815	0,774	0,753	0,638	0,184
Коэффициент корреляции между соседними фонемами	0,891	0,852	0,715	0,681	0,668	0,684

Таблица 4

Коэффициенты корреляции между интерполированными спектральными характеристиками фонем, сформированных на основе согласной «Л»

Фонема	ЛЯ	ЛО	ЛИ	ЛУ	ЛЕ	ЛЮ
Порядковый номер	1	2	3	4	5	6
Коэффициент корреляции между первой («ЛА») и текущей фонемами	0,890	0,847	0,834	0,742	0,677	0,556
Коэффициент корреляции между соседними фонемами	0,890	0,885	0,835	0,982	0,882	0,893

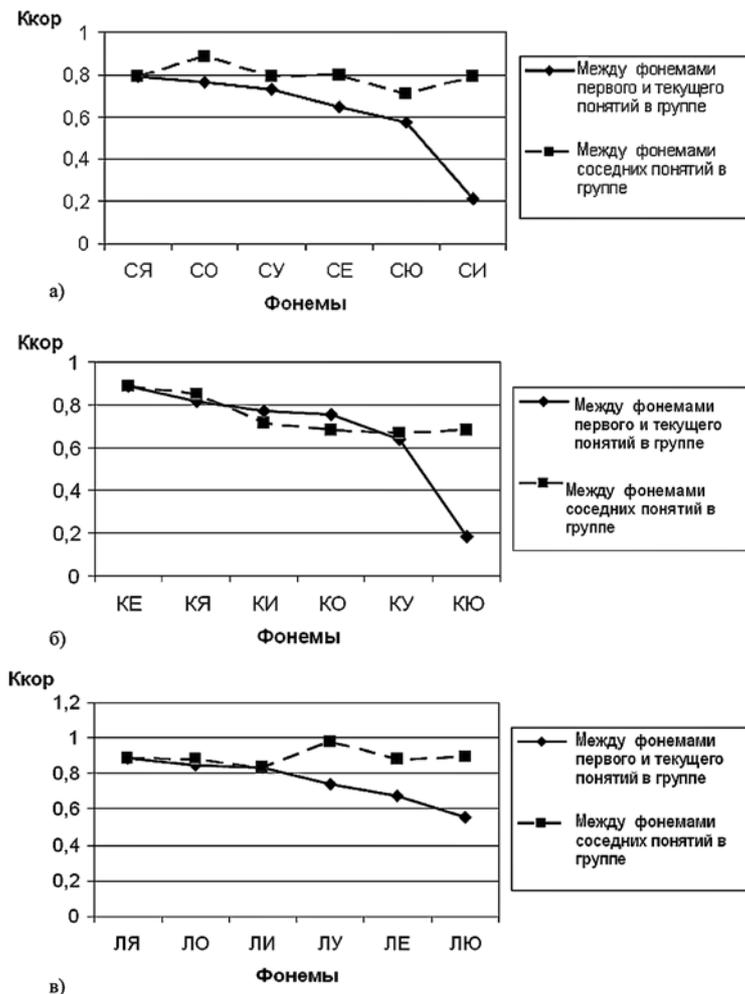


Рис. 6. Значения коэффициента корреляции между первой (а) – «СА»; б) – «КА»; в) – «ЛА») и текущей фонемами и между соседними фонемами в порядке следования фонем в смысловых группах для согласных «С» (а), «К» (б) и «Л» (в)

Тактильное восприятие и зрение обладают рядом общих критериев: возможностью определения формы объекта и расстояния до него. При этом разница между зрительными и осязательными актами заключается в следующих трех преимуществах зрения над осязанием: возможно различение цветов; зона зрительного восприятия много больше осязательной; при ощупывании образ воспринимается не целиком, а по частям, и память, в свою очередь, объединяет его исследованные области в одно целое. Вместе с этим рецепторы пальцев различают значения упругости тела, его шероховатости и степени нагретости [7].

В связи с этим для формирования упругих и температурных свойств объекта, связанных по смыслу с его фонематическим описанием, предлагается использование специального термомеханического модуля, позволяющего формировать механические и температурные состояния в заданном диапазоне.

Под термомеханическим модулем понимается система, предназначенная для моделирования преимущественно значений температуры и упругости.

Модуль представляет собой емкость, заполненную жидкой средой, в которую помещены однополярно заряженные частицы магнитного вещества (рис. 7). С нижней стороны этого модуля размещен источник магнитного поля, ориентированный сополярно частицам. Необходимые значения упругости и температуры задаются на основе данных программного обеспечения и формируются у поверхности модуля. Значения упругости массива частиц у поверхности модуля в связи с этим будут определяться индукцией магнитного поля, вязкостью среды (жидкости), формой частиц и силой взаимодействия частиц друг другу. Температура может формироваться модулем при помощи элементов Пельтье.

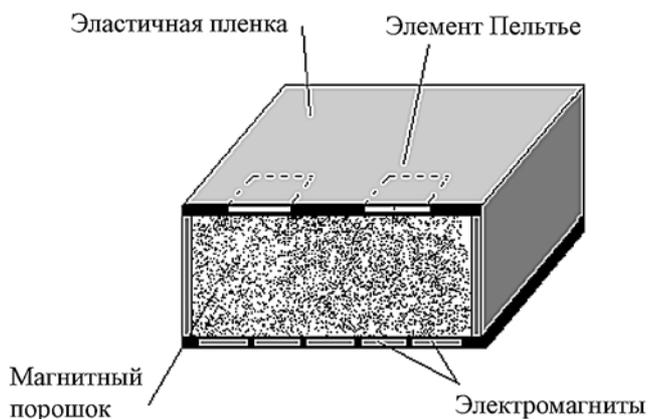


Рис. 7. Внешний вид и составляющие элементы термомеханического модуля

Взаимодействие пациента с модулем происходит следующим образом.

Пациент прижимает кончики пальцев к верхней части модуля, в результате чего происходит воздействие на механические и температурные рецепторы соответствующими факторами механического напряжения и температуры.

Определение значений температуры и упругости термомеханического модуля осуществляется сенсорной системой пациента. Нулевыми значениями условной шкалы измерения будут значения, которые определяют текущее состояние биологической системы. Для температуры в условиях проведения описываемого восстановительного лечения положение точки отсчета находится в диапазоне $(33 \pm 2)^\circ\text{C}$, соответствующей нормальной температуре тела.

При снижении температуры внешней среды растёт активность холодовых рецепторов с максимумом в диапазоне от 26 до 17°C , что субъективно расценивается как действие холода на кожу. При повышении температуры кожи от 34 до 45°C увеличивается импульсная активность тепловых рецепторов, что субъективно ощущается как действие на кожу тепла. При уменьшении температуры кожи ниже 17°C и увеличении выше 45°C к температурным ощущениям прибавляются болевые (рис. 8).

В связи с этим предлагается следующая сенсорная классификация температурных диапазонов, определяемая субъективной чувствительностью:

- «холодно» – $(19 \pm 2)^\circ\text{C}$ и менее, что соответствует охлажденным объектам (присутствуют болевые ощущения);
- «прохладно» – $(19 \pm 2) \dots (24 \pm 2)^\circ\text{C}$, что соответствует объектам, находящимся в нормальных температурных условиях;
- «температура ладони» – $(24 \pm 2) \dots (31 \pm 2)^\circ\text{C}$, что соответствует объектам с «комфортной» температурой;
- «тепло» – $(31 \pm 2) \dots (36 \pm 2)^\circ\text{C}$, что соответствует преимущественно теплокровным организмам;
- «жарко» – $(36 \pm 2) \dots (43 \pm 2)^\circ\text{C}$, что соответствует преимущественно объектам, подверженным высокотемпературной обработке (присутствуют болевые ощущения).

На основании данной классификации предлагается диапазон измерения температур для элементов Пельтье термомеханического модуля – от 17 до 45°C .



Рис. 8. Диапазон изменения температуры термомеханического модуля в соответствии с предложенной классификацией температурных ощущений

Подобный подход к классификации применим и для значений упругости (модуля Юнга). В связи с

тем, что пороговое значение этого модуля для чувствительности механических рецепторов кончиков пальцев составляет 10^{-7} ГПа [8], можно говорить о высокой механической восприимчивости мягких тканей к внешним воздействиям со стороны большинства объектов, механическое состояние которых однозначно характеризуется изучаемым понятием (табл. 5).

Таблица 5

Значения модуля Юнга для некоторых материалов

Материал	Модуль Юнга (ГПа)
Мышечные ткани	$4...7 \cdot 10^{-5}$
Кожа	$2,5 \cdot 10^{-3}$
Резина	$7 \cdot 10^{-3}$
Пленка скорлупы яйца	$8 \cdot 10^{-3}$
Штукатурка	1,4
Неармированный пластик, полиэтилен, нейлон	1,4
Лед	3
Фанера	7
Дерево вдоль волокон	8
Кость	21

Аппаратно-программная система, реализующая метод

Предложенный метод должен реализовываться с использованием аппаратно-программной системы, позволяющей в автоматическом режиме осуществлять фонематическую группировку понятий и нормированное формирование звукового образа слова при воспроизведении значений температуры и упругости комплектованного термомеханического модуля, ассоциируемых с изучаемым понятием. При этом в базе данных системы близким по звучанию ударным фонемам слова должны соответствовать значения температуры и упругости, находящиеся в разных диапазонах, определяемых в соответствии с указанной классификацией, а также изображения, связанные с изучаемым понятием.



Рис. 9. Функциональная схема системы для восстановления ассоциативных функций речи методом формирования параллельных ассоциаций (ТММ – термомеханический модуль)

Функциональная схема данной системы изображена на рис. 9.

Заключение

Предполагается, что предложенный метод формирования параллельных ассоциаций при восстановлении больных с сенсорной афазией позволит формировать у больного навыки различения близких по фонематическому построению слов, определяющих изучаемые понятия. Формирование навыков будет происходить на основе рецепторно различимых по значениям параметров механических и температурных воздействий, ассоциированных с этими понятиями и стимулирующих рецепторы и сенсорные зоны совместно со зрительными анализаторами. Описанная технология призвана сократить время, необходимое для восстановления слухоразличительной ассоциативной функции речи.

Список литературы:

1. Зайцев И.С. Афазия. Учебно-методическое пособие. – Минск: БГПУ им. Максима Танка, 2006. 36 с.
2. Логопедия. Учебник для студентов дефектол. фак. пед. вузов / Под ред. Л.С. Волковой, С.Н. Шаховской. – М.: Гуманит. изд. центр «ВЛАДОС», 1998. 680 с.
3. Лурия А.Р. Высшие корковые функции человека и их нарушения при локальных поражениях мозга. Издание 2-е, доп. – М.: Издательство Московского университета, 1969. 504 с.
4. Руднев В.А., Прокопенко С.В., Похабов Д.В. Способ речевой реабилитации при сенсорной афазии / Патент РФ на изобретение № RU2092199. Опубликовано 10.10.1997 г.
5. Аведисова А.С., Ахаткин Р.В., Ахаткина В.И. и др. Ноотропил в свете современных исследований (анализ зарубежных исследований) / URL: <http://www.medicalexpress.uz/index.php?id=2006-2&lang=ru> (дата обращения 28.05.2010 г.).
6. Харченко Е.П., Клименко М.Н. Пластичность мозга // Химия и жизнь – XXI век. 2004. № 6. С. 26-33.
7. Сеченов И.М. Осознание как чувство, соответствующее зрению / Избр. философ. и психолог. произведения. – М.: Госполитиздат, 1947. С. 555-557.
8. ГОСТ Р ИСО 13091-1-2008 Пороги вибротактильной чувствительности для оценки дисфункций нервной системы. Часть 1. Методы измерений на кончиках пальцев рук.

Кирилл Дмитриевич Белик,
зам. директора,
НИИ медицинской инженерии,
Дина Сергеевна Журбей,
аспирант,
Дмитрий Васильевич Белик,
д-р техн. наук,
зав. кафедрой сбора и обработки данных,
Новосибирский государственный
технический университет,
г. Новосибирск,
e-mail: beliki1@mail.ru