

## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ МОТОРНОГО КОМПОНЕНТА РЕЧИ НА БАЗЕ УПРАВЛЕНИЯ МЫШЕЧНЫМИ ДВИЖЕНИЯМИ. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ**

Приведены теоретическое обоснование и структурно-функциональная модель формирования/восстановления моторного компонента речи на базе подключения к пациенту внешнего контура целенаправленного управления мышечными движениями кисти. Центральным звеном внешнего контура является программный электростимулятор мышц, формирующий движения кисти. Методология восстановления речи рассмотрена с позиций теории функциональных систем и активации резервов организма на восстановление.

**Введение.** Двигательная активность, являясь одной из общебиологических потребностей человеческого организма, важным фактором в обеспечении его жизнедеятельности, определяется работой мышц. Благодаря способности мышц к сокращению человеческий организм может выполнять различные движения, сохранять равновесие и определенное положение тела в пространстве. Мышцы, помимо двигательной (фазной) функции, обеспечивают выполнение статической работы (позная функция), функцию гидрокинетического насоса, заставляющего перемещаться в организме кровь, функцию поддержания внутренних органов и многие другие. Мышечные движения составляют значительную часть внешних проявлений мозговой деятельности. Изучение процессов движения, управления двигательной активностью является эффективным способом познания закономерностей работы центральной нервной системы.

Речь, как высшая форма нервной деятельности, неразрывно связанная с сознанием, мышлением, также реализуется посредством мышечных движений. Собственно мышечные движения речевого аппарата являются одним из видов произвольных движений. Реализация устной речи происходит благодаря координированной работе периферического речевого аппарата, его дыхательного, фонаторного и артикуляционного отделов. Работа речевого аппарата обеспечивается центральной нервной системой в результате сложного взаимодействия разных мозговых структур.

**Постановка задачи.** Различают два вида и несколько форм речи: экспрессивную речь (процесс высказывания), которая, в свою очередь, делится на устную и письменную, и импрессивную, включающую также две подсистемы: понимание письменного и понимание устного речевого высказывания (рис. 1).

Каждая из четырех подсистем функциональной системы речи выполняет несколько речевых функций, имеет определенную автономность и развивается гетерохронно (в разные сроки).



Рис. 1. Виды и формы речи

**Объектом** нашего *исследования* является экспрессивная устная речь.

**Предмет исследования** — методология формирования/восстановления экспрессивной устной речи.

За речь отвечают три мозговых центра, с помощью которых обеспечивается координация голосового аппарата, создающего гладкий поток речевых звуков:

— **моторный (двигательный) центр Брока** — центр моторной речи — производит речь. В центре Брока происходит принятие решения и формируется двигательная программа речевого высказывания;

— **сенсорный (чувствующий) центр Вернике** — центр восприятия речи, обеспечивает звуковой фонематический анализ устной речи. Основная функция — преобразование слуховых сигналов в нейронные коды слов, которые активируют соответствующие образы или понятия.

— **ассоциативные (объединяющие) центры**, при помощи которых мы анализируем, «думаем», что говорить дальше, создавая связные структуры фраз и выстраивая предложения.

Нарушения речевой деятельности возникают вследствие различных причин:

— органические поражения головного мозга, тех его участков, которые отвечают за речевую зону;

— патологии строения органов речи;

— социально-психологические факторы.

Данное исследование направлено на разработку подходов к восстановлению речевой деятельности, нарушенной вследствие поражений головного мозга, к восстановлению тех речевых зон, которые формируют двигательную программу речевого высказывания, т.е. к восстановлению функционирования центра моторной речи.

Причины органического поражения головного мозга могут быть различны: нарушение мозгового кровообращения, опухоль головного мозга, черепно-мозговая травма, нейрохирургическое вмешательство, пороки развития нервной системы в перинатальном периоде. В результате таких поражений у человека не формируются навыки речевой коммуникации (если поражение наступило в доречевой период развития) или разрушаются ранее сформированные навыки.

Клинический опыт показывает, что поражение разных участков коры головного мозга приводит к качественно отличным нарушениям речи. При поражении звеньев сенсорного компонента нарушаются функции понимания

речи, а заболевания, связанные с нарушениями экспрессивной речи, обусловлены поражением звеньев моторного компонента речи. Разрыв речевого круга на уровне центра Брока зачастую происходит, например, при инсульте. В неврологии данное состояние определяется как моторная афазия, т.е. недостаточность двигательных центров речи. Больной лишается возможности говорить из-за нарушения двигательных команд.

Человек с речевыми расстройствами часто находится в состоянии подавленности, изоляции, требует постоянного наблюдения и ухода со стороны родных и близких. Поиск новых методологических подходов, методов и технологий формирования речевой деятельности у детей с нарушениями развития речи, а также восстановление частично или полностью утраченной функции речи у взрослых, как результат патологии мозговых структур, является актуальной теоретико-прикладной задачей современной реабилитологии и физиотерапии.

**Постановка задачи** может быть сформулирована следующим образом: разработать структурно-функциональную модель восстановления функционирования моторного компонента речи на базе принудительной тренировки мышечных движений кисти.

Дадим теоретическое обоснование такого подхода.

**Речь как функциональная система.** Речь связана не только с работой определенных мышц, участвующих в артикуляции (совместная работа речевых органов, необходимая для произнесения звуков речи, так называемая моторная речь, которая заключается в координации движений языка, губ, ротовой полости, гортани, дыхательных движений), но и со всем психофизиологическим аппаратом человека.

Как и любое целенаправленное поведение человека, речеобразование осуществляется благодаря деятельности сложно организованной функциональной системы, объединяющей большое количество центральных и периферических структур (субсистем), а также механизмов их регуляции. Согласно определению П.К. Анохина функциональная система — это динамическая, саморегулирующаяся организация, избирательно объединяющая структуры и процессы на основе нервных и гуморальных механизмов регуляции для достижения полезных системе и организму в целом приспособительных результатов. Полезные приспособительные результаты выступают в роли системообразующих факторов при последовательном и избирательном формировании функциональных систем в процессе онтогенетического развития — системогенезе.

Речевая артикуляция, являющаяся базисом устной речи, представляет собой психомоторный акт, ее формирование подчиняется тем же законам, что и формирование любого произвольного движения (поведенческий акт). Функциональная система любого поведенческого акта включает в себя, прежде всего, афферентный синтез, который программирует действие (программа действия) на основе фило- и онтогенетической памяти, эмоций, ориентировочного рефлекса, обстановочных афферентаций, доминирующей мотивации и обратных афферентаций [1].

Начальным звеном функциональной системы речи (рис. 2) [2] является рецепторный аппарат — рецепторы чувствительности, слух, зрение, воспринимающие исходную информацию. В организации механизмов речи ведущим рецепторным аппаратом служит слуховое восприятие. Наша речь является непрерывным замкнутым циклом, круговым процессом: «я говорю — я слушаю — я строю фразу — я говорю...». Нормальная деятельность нервных речевых зон, расположенных в коре головного мозга, обеспечивает управление речевой системой, правильный подбор слов и восприятие обращенной к нам речи. При отсутствии или недостаточности слухового восприятия процесс становления речи значительно нарушается. Конечным звеном функциональной системы являются эфферентные органы, передающие исходную информацию. В речи это — реализация устной речи с ее параметрами. Поражение на этом уровне вызывает различные нарушения звукопроизношения.

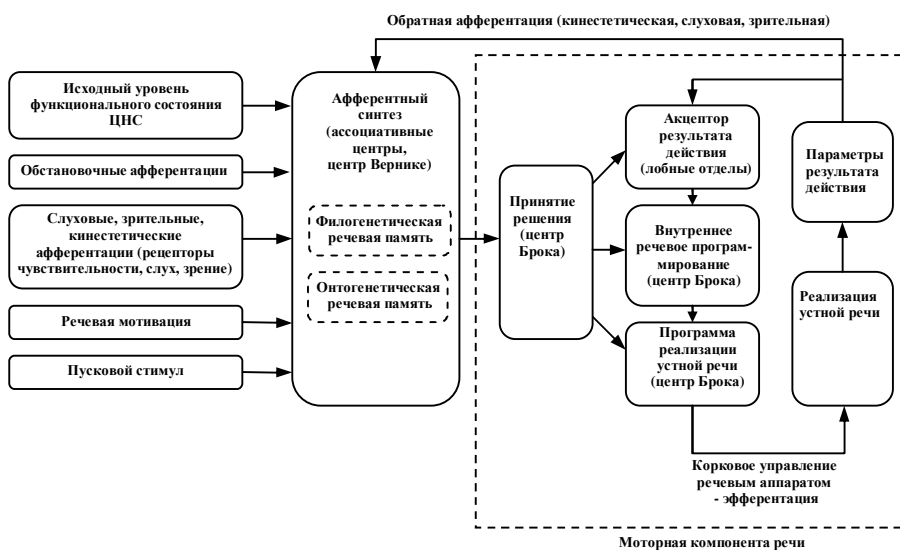


Рис. 2. Функциональная система речи по Л.И. Беляковой, Е.А. Дьяковой [2]

Промежуточные звенья функциональной системы характеризуются большей пластичностью и способностью к взаимной замене. Анатомические исследования на животных, а также визуализационные и другие неинвазивные методы картирования мозга человека (позитронно-эмиссионная томография, функциональная магнито-резонансная томография, электроэнцефалография, магнитная энцефалография и транскраниальная магнитная стимуляция) предоставили неоспоримые доказательства способности реорганизации коры мозга даже у лиц пожилого возраста с выраженными сосудистыми изменениями [3].

Согласно архитектонике функциональных систем в промежуточных звеньях системы речи реализуются следующие функции:

1. **Афферентный корковый синтез**, интеграция полученной мозгом информации. В речевой функциональной системе этот механизм реализуется главным образом в теменно-височно-затылочных отделах доминантного

полушария мозга (для праворуких это левое полушарие) — *ассоциативных центрах и центре Вернике*. В ассоциативных центрах осуществляется правильный подбор слов, создание связной структуры предложений, а центр Вернике — слуховой центр речи — обеспечивает способность распознавать и контролировать свою и чужую речь (функция импрессивной речи). При поражении этих звеньев возникает нарушение понимания речи вплоть до отсутствия реакции на нее в тяжелых случаях — сенсорная афазия, утрата способности пользоваться словами и фразами как средством выражения мысли — амнестическая афазия.

2. **Принятие решения и программирование действия.** Эту функцию для механизмов речи выполняют премоторнолобные отделы мозга (центр Брока). Центр Брока, являясь центральным звеном моторного компонента речи, регулирует голосовой аппарат (голосовые связки, мышцы гортани), управляет речевой и дыхательной мускулатурой, формирует двигательную программу речевого высказывания. При этом артикуляция (совместная работа речевых органов), фонация (звукопроизношение) и дыхание должны быть достаточно скоординированы в своей работе, а речедвижения соотнесены с соответствующими слуховыми ощущениями. Следствием нарушения деятельности центра Брока являются либо недоразвитие экспрессивной речи центрального характера, обусловленное преимущественно нарушениями артикуляционного праксиса и организации речевых движений (моторная алалия), либо полная или частичная утрата уже сформированной устной речи (моторная афазия).

3. Функцию сопоставления программы действия с параметрами реально выполненного действия выполняет **акцептор результата действия**, или аппарат предвидения, сопоставляющий программы действия с параметрами реально выполненного действия. Эту функцию также выполняет центр Брока. Для осуществления моторной устной речи, кроме коркового управления движениями речевых мышц с помощью нисходящих кортико-бульбарных путей, необходимо восприятие и анализ афферентных двигательных импульсов, возникающих при сокращении мышц речевого аппарата в процессе речевой деятельности. Важную роль в функционировании этого звена играют лобные отделы мозга и центр Брока [2, 4]. Именно афферентация обеспечивает поддержание гомеостаза функциональной системы речи и ее саморегуляцию.

В функциональной системе экспрессивной устной речи роль организующего фактора играют кинестетические афферентации, полученные от результата действия, т.е. устной речи. Это подтверждает известное высказывание

И.П. Павлова о том, что особое значение для развития речи имеют кинестетические раздражения речевых органов. И.П. Павлов считал кинестезию базисом, или «базальным компонентом речи» [5].

**Формирование моторного компонента речи на базе целенаправленной тренировки мышечных движений кисти.** Анализ нарушения программы действия (устная речь) через призму представлений о функциональной системе дает возможность выделить то звено патогенеза,

которое ведет к нарушению моторного компонента речи, что позволит обосновать новые подходы (методологию) ее восстановления.

На сегодняшний день для заболеваний, связанных с нарушением деятельности моторного компонента речи, существуют ряд методик, согласно которым воздействие осуществляется непосредственно на пораженные участки коры головного мозга. Например, микротоковая рефлексотерапия — воздействие сверхмалыми электрическими импульсами на биологически активные точки (БАТ), нейрорефлекторные зоны и зоны проекций коры головного мозга на скальп для восстановления двигательных и речевых функций у пациентов страдающих детским церебральным параличом [6].

Наиболее эффективным является комплексное лечение: логопедический массаж артикуляционной мускулатуры, логопедические занятия, миостимуляция мышц речевого аппарата, медикаментозная терапия. Такие методики реабилитации направлены на формирование и коррекцию работы артикуляционного аппарата. Анализ этих методик лечения через призму представлений о функциональной системе моторного компонента речи показывает, что, по сути, они направлены на формирование кинестезии — импульсов, идущих от периферических органов речи в кору головного мозга, в премоторнолобные отделы мозга центра Брока. Т.е. эти методы лечения направлены на восстановление недостающего звена функционирования моторного компонента речи на базе восстановления кинестетической афферентации от мышц речевых органов.

Известно, что при ряде патологий нервной системы нарушения двигательных функций (у взрослых) и нарушения в развитии двигательных функций у детей часто сопровождаются и речевыми нарушениями (примерно 50–60 % от общего числа больных), что показывает взаимосвязь речевой и двигательной функций [7–9].

Речевые движения являются одним из видов произвольных движений. Нейроны нижней премоторной и моторной области, которые реализуют моторный компонент речи, имеют общие характеристики и происхождение с другими нейронами моторной коры, осуществляющими прочие моторные акты [10].

Поскольку речевая и двигательная функции взаимосвязаны, а промежуточные звенья функциональной системы речи, в том числе и центр Брока, имеют большую пластичность и способны к реорганизации, оправданным является разработка подходов опосредованного, через целенаправленную тренировку произвольных движений, влияния на центр Брока. При этом одним из важных моментов является определение тех моторных актов, тренировка которых наиболее эффективна для восстановления речи.

Ряд авторов показали, что существует онтогенетическая взаимосвязь развития мелкой моторики кисти и речевой функции [11–14]. Электрофизиологические исследования также подтвердили, что морфологическое и функциональное формирование речевой моторной области коры головного мозга происходит под влиянием кинестетических импульсов от мускулатуры рук. Развитие мелкой моторики кисти влияет на

уровень речевого развития детей и содействует более быстрой реабилитации речевых нарушений у взрослых [15].

Корковая проекция двигательной системы, на примере гомункулуса Пенфильда (символическое отображение представительства моторных зон различных частей тела в коре головного мозга в прецентральной извилине, непосредственно прилегающей к области Брока), показала, что более трети площади занимает проекция кисти наряду с проекцией артикуляционного аппарата (рис. 3) [16]. Величина проекции кисти и ее близость к моторной речевой зоне могут служить обоснованием положительного влияния тренировки тонких движений пальцев рук на развитие активной речи ребенка.

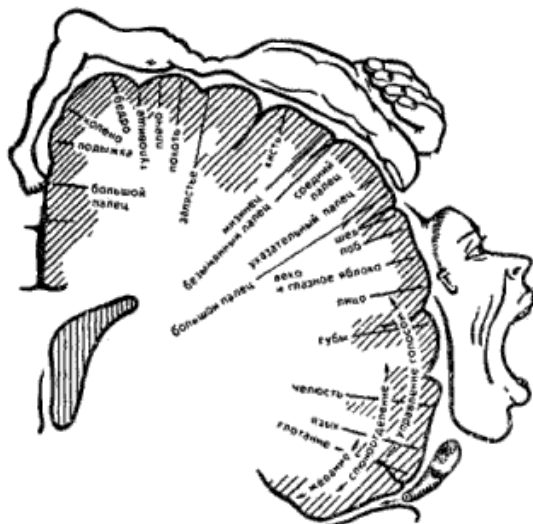


Рис. 3. Корковая проекция двигательной системы по Пенфильду

Перечисленные факты дают основание полагать, что там, где нарушения речи, вследствие повреждения центра Брока, сопровождаются нарушениями двигательной активности (произвольных движений), возможным подходом к формированию/восстановлению моторного компонента речи является использование целенаправленного формирования принудительных движений кисти, в особенности «принудительной тренировки» мелкой моторики кисти.

Принудительная тренировка моторики кисти может быть осуществлена на базе разработанной и проверенной на практике восстановительного лечения двигательных функций биоинформационной технологии управления движениями человека [17]. Особенность технологии состоит в том, что внешний контур управления включается в собственный (пациента) контур управления двигательной активностью на уровне исполнительных периферии, активируя резервы организма на восстановление двигательных функций. На основе методологического и методического подходов биоинформационной технологии восстановительного лечения произвольных движений разработана структурно-функциональная модель восстановления речевого круга на уровне центра Брока (рис. 4).

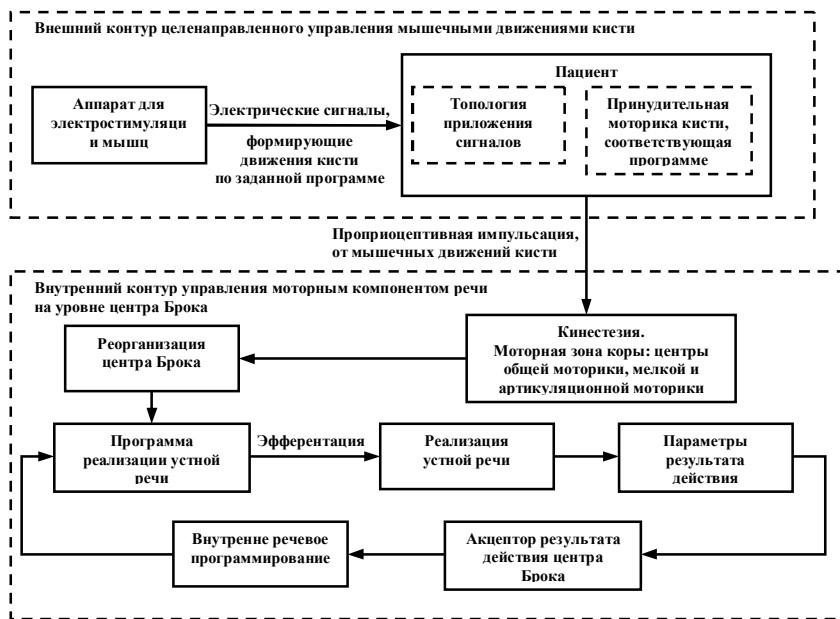


Рис. 4. Структурно-функциональная модель восстановления речи на уровне центра Брока

Такая модель содержит два контура: внешний контур целенаправленного управления мышечными движениями кисти и внутренний контур управления моторным компонентом речи на уровне центра Брока. Центральным звеном внешнего контура целенаправленного управления является электронное устройство — программный электростимулятор мышц, формирующий принудительные движения кисти по заданной программе. Под воздействием электростимуляции по программе, заданной или генератором циклических программ, или здоровыми мышцами самого пациента, функционально не нагруженными во время электростимуляции, или здоровыми мышцами другого человека-донора, происходит принудительное сокращение и расслабление мышц кисти. В результате внешний контур управления выполняет функцию недостающего звена в системе управления движениями кисти. Наряду с этим, благодаря строго топической организации распределения двигательных функций моторной зоны коры головного мозга, а также наиболее детального и находящегося в непосредственной близости друг от друга представительства мышц кисти и мышц лица, гортани, языка (рис. 3) такой внешний контур выполняет функцию недостающего звена и в системе управления моторным компонентом речи. Внутренний контур управления моторного компонента речи представляет собой систему коркового управления речевой деятельностью, осуществляемого в центре Брока. Регуляция моторного компонента речи происходит по замкнутому циклу (речевому кругу), проходя стадии формирования программы реализации устной речи, непосредственно самой реализации устной речи под действием эфферентной импульсации, оценки параметров результата действия с помощью акцептора результата действия и дальнейшее программирование и корректировка программы реализации. При



повреждении центра Брока речевой круг разрывается и реализация устной речи становится невозможной. За счет формирования кинестезии — импульсов, идущих от принудительных мышечных движений кисти в моторную зону коры (центры общей моторики, мелкой и артикуляционной моторики), — активируются резервы организма на восстановление произвольных движений кисти и, опосредованно, на восстановление речи. Можно предположить, что восстановление проприоцептивной импульсации от мышечных движений кисти, ее суставно-связочного мышечного аппарата, в моторную зону коры обеспечит нормализацию деятельности или реорганизацию эфферентного (исполнительного) звена центра Брока, которое осуществляет корковое управление движениями речевых мышц (см. рис. 2). Тем самым устраняется разрыв речевого круга на уровне центра Брока.

Следовательно, можно утверждать, что тренировка мелкой моторики кисти на базе подключения к пациенту внешнего контура управления запускает механизмы взаимовлияния исполнительной периферии и церебральных структур, что ведет к образованию новых рефлекторных связей, закрепляемых в центре Брока в течение курса лечения. Можно предположить, что использование описанной методологии будет способствовать восстановлению не только двигательных функций кисти у постинсультных больных, но и нормализации речи. Описанная методология может быть еще одним подходом, способствующим формированию речи у детей, имеющих отставание в её развитии.

**Заключение.** Проблема формирования и восстановления моторного компонента речи, нарушенного вследствие органических поражений головного мозга, тех его участков, которые отвечают за речевую зону, рассмотренная с позиции теории функциональных систем позволила выявить недостающее звено в системе моторного компонента речи: вследствие нарушения работы механизма коркового управления речевым аппаратом происходит утрата или искажение обратной афферентации от мышечных движений речевого аппарата в корковые структуры Брока, его акцептор результата действия. Это приводит к разрыву речевого круга на уровне центра Брока, что влечёт за собой нарушение речи.

Подчеркнем, что онтогенетическая взаимосвязь развития мелкой моторики кисти и речи служит подтверждением того, что устранение разрыва речевого круга на уровне центра Брока достигается подключением внешнего контура целенаправленного управления принудительными мышечными движениями кисти. Центральным звеном внешнего контура является программный электростимулятор мышц, который формирует принудительные мышечные движения кисти по определенной программе, «запускает» обратную афферентацию от мышечных движений кисти в моторную зону коры и, благодаря близости к моторной речевой зоне, активирует корковое управление речевым аппаратом. Такой подход приводит к восстановлению речевого круга на уровне центра Брока.

Основные положения предлагаемой методологии восстановления моторного компонента речи:

1. Формирование и восстановление моторного компонента речи может быть достигнуто на базе принудительной целенаправленной тренировки мышечных движений кисти.

2. Подключение внешнего контура целенаправленного управления принудительными мышечными движениями кисти устраняет разрыв речевого круга на уровне центра Брока.

3. Программный электростимулятор мышц, формирующий принудительные мышечные движения кисти, является центральным звеном внешнего контура.

Решение практических задач восстановления моторного компонента речи в первую очередь связано с выбором управляющих воздействий и топологии их приложения в контурах управления принудительными движениями кисти, включая управление мелкой моторикой, что является предметом дальнейших исследований.

1. *Анохин П.К.* Очерки по физиологии функциональных систем. — М.: Медицина, 1975. — 447 с.
2. *Белякова Л.И., Дьякова Е.А.* Заикание. Учебное пособие для студентов педагогических институтов по специальности “Логопедия” — М.: В. Секачев, 1998. — 304 с.
3. Management of adult stroke rehabilitation care: A clinical practice guideline / P. Duncan, R. Zorowitz, B. Bates, et. al. // *Stroke*. — 2005.
4. *Бадалян Л.О.* Невропатология. — М.: «Академия», 2000. — 382 с.
5. *Павлов И.П.* Полное собрание сочинений. — М., 1951. — Т. 3. — Кн. 2. — С. 135.
6. *Тарасова Н.В., Уханова Т.А., Левин А.В., Гаврилов А.П.* Сочетанное применение микротоковой рефлексотерапии и препарата «Кортексин» для восстановления двигательных и речевых функций у пациентов страдающих детским церебральным параличом: учеб.-метод. пособие для врачей. — Самара, 2011. — 50 с.
7. *Семенова К.А.* Детские церебральные параличи. — М., «Медицина», 1968. — 259 с.
8. *Данилова Л.А.* Методы коррекции речевого и психического развития у детей с церебральным параличом. — Л.: Медицина, 1977. — 95 с.
9. *Мастюкова Е.М., Ипполитова М.В.* Нарушение речи у детей с церебральным параличом: Кн. для логопеда. — М.: Просвещение, 1985. — 192 с.
10. Словарь физиологических терминов/ Под ред. О.Г. Газенко — М.: Наука, 1987. — 446 с.
11. *Бельтюков В.И.* Взаимодействие анализаторов в процессе восприятия и усвоения устной речи (в норме и патологии). — М.: Педагогика, 1977. — 176 с.
12. *Кукуев Л.А.* Структура двигательного анализатора: эволюция, связи и роль в патологии мозга — Л. : Медицина, Ленинградское отделение, 1968. — 280 с.
13. *Жукова Н.С., Мастюкова Е.М., Филочева Т.Б.* Логопедия. Преодоление общего недоразвития: книга для логопеда. — Екатеринбург: АРД ЛТД, 1998. — 320 с.
14. *Вайзман Н.П.* Психомоторика умственно отсталых детей. — М.: Аграф, 1997. — 128 с.
15. *Кольцова М.М.* Двигательная активность и развитие функций мозга ребенка. — М.: Педагогика, 1973. — 144 с.
16. *Пенфильд В., Робертс Л.* Речь и мозговые механизмы. — Л.: Медицина, 1964. — С. 217.
17. *Вовк М.И.* Биоинформационная технология управления движениями человека // Кибернетика и вычисл. техника — 2010. — Вып. 161. — С. 42–52.

Международный научно-учебный центр  
информационных технологий и систем  
НАН Украины и Министерства образования  
и науки, молодежи и спорта Украины, Киев

Получено 04.05.2012