

С. О. Поздняков, А. Н. Шкробко, О. А. Некоркина,

Физиологические аспекты физической реабилитации в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта у пациентов с наличием двигательного дефицита

Инсульт – одна из наиболее тяжелых форм сосудистых поражений головного мозга, нередко приводящих к инвалидизации. Среди факторов, влияющих на исход комплексной реабилитации пациентов, перенесших инсульт, одно из главных мест занимает метод физической реабилитации. Составляющими элементами восстановления утраченных функций являются биохимические и анатомические изменения. Представлены современные взгляды на физиологические аспекты физической реабилитации на двигательные нарушения у больных ОНМК. Особый интерес представляют активно развивающиеся методики физической реабилитации, связанные с применением механотренажеров, технологии виртуальной реальности, изометрических физических упражнений, использование лечебных костюмов.

Ключевые слова: восстановление двигательной функции, двигательный дефицит, изометрические физические нагрузки, инсульт, кинезитерапия, механотерапия, нейропластичность, парез, патофизиология инсульта, спастичность, структурная реорганизация, физическая реабилитация.

S. O. Pozdnyakov, A. N. Shkrebko, O. A. Nekorkina

Physiological aspects of physical rehabilitation in early recovery period of the ischemic stroke of patients with existence of motor deficiency

Stroke is one of the most severe forms of vascular destruction which leads to disability. Physical rehabilitation is one of the general factors, which affects the outcome of rehabilitation. The recovery components of lost functions are biochemical and anatomical changes. The article presents modern views on physiological aspects of the motor disability in stroke patients. Actively developing methods associated with the use of mechanotherapy, technology of virtual reality, isometric physical exercises, and special medical suites are of special interest.

Keywords: motor recovery, motor disability, isometric physical exercises, stroke, kinesitherapy, mechanotherapy, neuroplasticity, paresis, pathophysiology of stroke, spasticity, structural reorganization, physical rehabilitation.

Инсульт – одна из наиболее тяжелых форм сосудистых поражений головного мозга. В нашей стране инвалидизация после перенесенного инсульта занимает ведущее место (40–50 %) среди патологий, являющихся причиной нетрудоспособности, и составляет 3,2 пациента на 10 тысяч населения [10]. Больные, перенесшие инсульт, часто не могут вернуться к тому уровню повседневной двигательной активности, которую они вели до этого, и, даже в более благоприятных случаях, им нередко требуется значительный период времени для восстановления. Главным препятствием, в основном, становятся грубые нарушения двигательных функций: парезы и параличи, расстройства координации [15]. В конечном итоге это приводит к выраженному снижению качества жизни пациентов. По данной причине реабилитация больных, перенесших инсульт, направленная на предупреждение инвалидности, снижение степени ее тяжести и помощь в плане их максимально возможной физической, психи-

ческой, социальной и профессиональной адаптации, является актуальной медицинской и социальной проблемой [6, 54].

Факторами, действующими на исход реабилитации, считают локализацию поражения, время постинсультного периода, степень повреждения проводящих путей и активации ипсилатеральных кортико-спинальных путей, наличие генетических дефектов, старение, ятрогении и неблагоприятные воздействия внешней среды, включая хронический стресс.

Данные о влиянии стороны поражения достаточно противоречивы: одни исследователи считают, что восстановление благоприятнее протекает после инсульта доминантного полушария [63], другие авторы придерживаются противоположной точки зрения [57]. Еще ряд авторов не отмечает связи и характера восстановления со стороной поражения [40, 50]. Однако, вне зависимости от стороны поражения, существует не менее важная причина, влияющая на возможность восстановле-

ния – время, прошедшее с момента возникновения инсульта. Этот фактор положен в основу классификации на следующие периоды:

- острейший (первые 2–3 дня от момента возникновения инсульта);
- острый (до 3-й недели от момента возникновения инсульта);
- ранний восстановительный (с 3-й недели по 6-й месяц), в котором в свою очередь выделяют два периода: первый (до 3-х месяцев), в котором происходит восстановление объема движений и силы в паретичных конечностях и второй (от 3-го до 6-го месяца), когда восстанавливаются сложные двигательные навыки;
- поздний восстановительный (от 6-ти месяцев до 1-го года), в течение которого продолжается восстановление статике, трудовых навыков и речи;
- резидуальный (после 1-го года с момента развития инсульта), в течение которого может продолжаться восстановление нарушенных функций [5].

На самом раннем этапе после перенесенного инсульта восстановление связано с регрессом локальных повреждающих факторов и восстановлением функционирования частично поврежденных нейронов, а также улучшением кровотока в зоне пенумбры и уменьшением или полным исчезновением отека [3]. Однако, в дальнейшем, структурной составляющей восстановления является пластичность головного мозга – способность к компенсации структурных и функциональных расстройств под влиянием внешних и внутренних факторов [14, 23]. Процессы, связанные с нейропластичностью, имеют как системный, так и локальный характер. Локализация двигательных центров не является неизменной, головной мозг даже взрослого человека сохраняет потенциал пластичности, а кортикальные связи могут ремоделироваться, действуя, в том числе, и отдаленные структуры [22, 62]. Таким образом, происходит реорганизация кортикальных отделов, увеличение эффективности функционирования сохранившихся структур и активное использование альтернативных нисходящих путей. Непосредственная реализация этих изменений на клеточном (нейрональном) уровне обеспечивается синаптическим ремоделированием и неосинаптогенезом. В ряде случаев не менее важное значение имеет обеспечение внесинаптической нейрональной передачи возбуждения. Если раньше основное внимание при изучении нейропластичности уделялось корковым структурам, то в настоящее время считается, что про-

цессы пластичности могут осуществляться и на субкортикальных уровнях [12]. Согласно современным представлениям, процессы пластичности вовлекают помимо коры такие структуры, как таламус, базальные ганглии и структуры ствола мозга. Эти процессы могут носить как адаптивный, так и дезадаптивный характер [16].

Адаптивные механизмы можно классифицировать следующим образом:

1). Изменение баланса процессов возбуждения и торможения [22, 32]. Норадреналин, ацетилхолин, допамин, серотонин могут преобразовывать процессы пластичности [36]: зоны, ранее находившиеся под тормозным влиянием, резко повышают свою активность. Так, в неповрежденном полушарии через неделю после инсульта отмечается гипервозбудимость [36]. Повышается активность и в ипсилатеральной сенсомоторной коре. Возможно, это связано со снижением тормозных влияний, реализующихся через мозолистое тело [22].

Для выполнения простых движений больным требуются связи, не задействованные у здоровых людей. Растормаживаются и активируются в раннем восстановительном периоде дополнительная моторная и премоторная кора [14, 36, 48]. Позднее – префронтальная, задняя парietальная кора, островковая область [14, 48]. Установлено, что нагрузка паретичной конечности вызывает повышение возбудимости в пораженном полушарии, и центр двигательной проекционной области пораженного полушария смещается [41].

2). Следующий адаптивный механизм: коллатеральный спраутинг и синаптогенез [33, 62]. Синаптическая пластичность горизонтальных связей в коре больших полушарий приводит к реорганизации структур, обеспечивающих движение. Процесс реализации большинства резервов механизмов адаптации происходит к 3-й неделе после инсульта. Интенсификация возможна, в среднем, в течение 3-х месяцев. При хорошем восстановлении происходит нормализация межполушарной асимметрии.

Но вышеперечисленные процессы могут иметь и обратное значение:

1). Пресинаптическое растормаживание ГАМК-Кергических IА терминалей приводит к уменьшению глицинергического реципрокного торможения, дезорганизации постсинаптического ингибирования, гипервозбудимости α -мотонейронов, что проявляется гипертонусом в паретичных конечностях [2, 8]. Ранние представления об изолированном повреждении пирамидного тракта как

причине спастического пареза опровергнуты [1, 24]. Выявлена существенная роль повреждения экстрапирамидной системы [24].

2). Другая сторона ремоделирования – феномен Монакова (диашиз) – трансинаптическая функциональная деактивация, возникающая на расстоянии от очага поражения вследствие непосредственного повреждения путей или нарушения модулирующего влияния различных нейротрансмиссивных систем [25, 26, 55]. Он имеет прогностически неблагоприятное значение [29], несмотря на то, что является частью процесса структурной реорганизации, связанной с аксональным спраунтингом [25, 26, 55]. Затрагивая белое и серое вещество головного мозга, процесс может носить стойкий характер [21].

Известно, спастичность формируется чаще всего к 3–4-й неделе. Если постинсультный гемипарез сохраняется дольше нескольких месяцев, могут возникнуть структурные изменения сегментарного аппарата, что способствует прогрессированию спастичности. Развиваются вторичные изменения в паретичных мышцах, сухожилиях и суставах (атрофия, жировое перерождение мышц, метаболические отклонения, которые ассоциируются с инсулинорезистентностью [32, 52]), что усугубляет двигательные нарушения, усиливает сопротивление в мышцах [8] и может приводить к инвалидизации пациентов, повышению риска сердечно-сосудистых заболеваний. Поэтому скелетные мышцы – одна из мишеней для реабилитационных вмешательств [34, 43].

Различают три уровня восстановления нарушенных функций:

1. Истинное восстановление. Максимальная степень возврата утраченных функций, когда больной не испытывает затруднений в повседневной жизнедеятельности. То есть, достигается уровень функционирования, существовавший до возникновения инсульта. Истинное восстановление возможно в том случае, когда нет полной гибели нейронов, а патологический очаг развивается вследствие отека, гипоксии, изменения проводимости нервных импульсов и др. Оно характерно для острого и раннего восстановительного периода.

2. Компенсация. Степень возврата функциональных возможностей с использованием дополнительной афферентной нагрузки, которая отсутствует в обычных условиях. Возникает при вовлечении в функциональную систему новых структур. Характерна для позднего восстановительного периода и периода последствий.

3. Реадаптация (приспособление к дефекту). Достигается при использовании различных вспомогательных приспособлений («ходунки», трость, кресло-каталка и др.). Возникает, когда исчерпаны возможности функциональной активизации [7, 13].

При физической реабилитации больных с инсультом для снижения или предотвращения ряда осложнений, улучшения реабилитационного прогноза, более полного восстановления утраченных функций применимы следующие принципы:

- раннего начала реабилитационных мероприятий;
- систематичности и длительности активной реабилитации;
- комплексного подхода и мультидисциплинарности;
- индивидуальности;
- социальной направленности;
- использования методов контроля адекватности нагрузок и эффективности реабилитации;
- активного участия в реабилитационном процессе самого пациента, его родственников [5].

Выделяют следующие физиологически обоснованные реабилитационные мероприятия в раннем восстановительном периоде:

- терапия вынужденными движениями (constraint-induced movement therapy – СИМТ) [61]. СИМТ представляет собой серию активных тренировок паретичной руки при искусственно иммобилизированной «здоровой» руке, что заставляет работать паретичную руку [59]. После применения данной методики отмечается увеличение коркового представительства кисти в ипсилатеральном полушарии мозга, степень которого коррелировала с улучшением функции руки [41]. Увеличение происходило в областях с пониженным интракортикальным ингибированием, что указывает на роль ГАМКергических механизмов [42]. Результаты исследований демонстрируют возможность стимуляции пластичность и в других областях мозга, таких как первичная двигательная область, мозжечок, дополнительная моторная область и лобные извилины противоположного очагу полушария с помощью СИМТ [27, 38, 58].

- двусторонняя тренировка рук (bilateral arm training – ВАТ) [44, 45]. В основе – двусторонние ритмичные движения, в основе которых, возможно, лежат межполушарная передача сигналов и последовательности движений. Данная методика активизирует ипси- и контралатеральную двигательную кору, что ведет к улучшению функции руки [44].

– программа ориентированных на конкретную задачу тренировок для руки. Данное упражнение повышает активацию ипсилатеральной первичной моторной коры, коры нижней теменной области и премоторной коры [51].

– тренировки ходьбы на бегущей дорожке с облегчением движений паретичной ноги (соматосенсорная стимуляция). Данный метод сопровождается появлением нормальных паттернов активации коры, сходных с выявляемыми при обычной ходьбе у здоровых людей. Необходимо отметить, что тренировки без облегчения движений паретичной ноги, напротив, ассоциируются с патологическими паттернами активации [46]. При использовании тредмила происходит увеличение мозговой активности в сенсомоторной зоне в обоих полушариях головного мозга [28].

– упражнения с сопротивлением. Установлено, что силовые упражнения не увеличивают спастичность [17]. При составлении программы упражнений для укрепления мышц важно помнить, что для повседневной жизнедеятельности необходимы все мышечные группы.

– идеомоторные упражнения. Тренировки, при которых пациент в своем воображении отрабатывает движения, могут улучшать двигательные функции и изменять представительства в коре [49]. Мысленное выполнение движений сопровождается активацией зон мозга, участвующих в составлении программы и выполнении определенного движения. К преимуществам мысленных тренировок относится то, что они не зависят от возможности выполнить движение в реальности, не имеют противопоказаний, поэтому могут быть начаты в самом раннем периоде инсульта и проводиться параллельно с любыми другими упражнениями. Рекомендуется при использовании метода применять следующий порядок: мысленные движения, затем – движения здоровой рукой, далее – обеими руками, а по окончании – паретичной рукой.

– метод «наблюдение за действием» (action-observation). Суть метода заключается в активации моторной коры при наблюдении за действиями другого человека, особенно трудновыполнимыми для самого пациента [30].

Дискутабельным остается вопрос о применении механотерапии в физической реабилитации. Систематический обзор 10-ти исследований влияния механотерапии на двигательное и функциональное восстановление у пациентов после инсульта продемонстрировал положительное влияние лечения на движения паретичной руки, однако без значимого улучшения ее функции [39]. Авто-

ры кохрановского обзора 11-ти клинических испытаний ($n = 328$) пришли к сходным выводам: после тренировки с использованием роботов, несмотря на некоторое увеличение силы и улучшение движений паретичной руки, больные не имеют существенных преимуществ в отношении повседневной жизнедеятельности [47]. Что касается восстановления функции ходьбы с помощью механотренажеров, то единого взгляда на этот вопрос нет на данный момент [35, 60]. Несмотря на некоторый скептицизм зарубежных авторов, ряд ведущих отечественных ученых в области постинсультной реабилитации больных придерживается мнения, что механотренажеры в сочетании с комплексным использованием рефлекторной кинезиотерапии позволяют увеличить функциональную активность и повысить уровень самообслуживания [4, 9, 11]. Перспективным может быть направление, связанное с применением экзоскелетов для восстановления утраченных функций в конечностях [32]. Так же, нет единого мнения о применении кинезитерапии, в частности, методики В. Bobath [20], которая изначально была разработана для предотвращения мальадаптации. Эффективность данного метода ставится некоторыми учеными под сомнение [41, 53].

Могут быть использованы упражнения с применением технологии виртуальной реальности позволяющей создать мультимодальную интерактивную трехмерную среду с большими возможностями для контроля параметров и их адаптации к конкретному пользователю. Тренировки с использованием виртуальной реальности позволяют увеличить внимание и интерес пациента, продолжительность занятий, точность и скорость движений, а также уменьшить неглект. Виртуальная реальность дает возможность тренировать навыки, необходимые в повседневной жизни [37]. Однако важно учитывать, что переработка информации, получаемой при контакте с виртуальной реальностью, отличается от процессов, происходящих в реальном мире [18].

Некоторые авторы рекомендуют применять высокотехнологичные методы нейровизуализации и электрофизиологии для определения и корректировки дальнейшей стратегии физической реабилитации у постинсультных больных [56].

Заключение

На сегодняшний день данных о нейрофизиологии физической реабилитации при повреждении головного мозга вследствие инсульта, несмотря на большое количество работ по этому вопросу, недостаточно. Так же нет единого мнения о точках

приложения некоторых применяемых методик. На наш взгляд, особый интерес представляют активно развивающиеся методики физической реабилитации, связанные с применением механотренажеров, технологии виртуальной реальности, оптимизации лечебной гимнастики с применением изометрических физических упражнений, использования лечебных костюмов, методов биологически обратной связи, а так же более широкое при-

менение ортопедических изделий: ортезов, туторов, брейсов. Вместе с тем данные методики нуждаются в подтверждении не только катанестическими результатами, но и высокотехнологическими методами контроля, такими как позитронно-эмиссионная томография и функциональная магнитно-резонансная томография.

Библиографический список

1. Ворлоу, Ч. И. Инсульт: Практическое руководство для ведения больных [Текст] / Ч. И. Ворлоу, М. Деннис, Ч. Варлоу, Ж. Гейн, Ч. П. Ворлоу; пер. с англ. под ред. А. А. Скоромца, В. А. Сорокоумова. – СПб. : Политехника, 1998. – 629 с.
2. Гехт, А. Б. Ишемический инсульт: вторичная профилактика и основные направления фармакотерапии в восстановительном периоде [Текст] / А. Б. Гехт // *Consilium Medicum*. – 2001; № 3 (5): 2–7.
3. Дамулин, И. В. Нарушения кровообращения в головном и спинном мозге [Текст] / И. В. Дамулин, В. А. Парфенов, А. А. Скоромец, Н. Н. Яхно // *Болезни нервной системы. Руководство для врачей; под ред. Н. Н. Яхно*. – 4-е изд. – М. : Медицина, 2005. – С. 231–302.
4. Иванова, Г. Е. Современный подход к восстановлению ходьбы у больных в остром периоде церебрального инсульта [Текст] / Г. Е. Иванова, В. И. Скворцова, Е. А. Ковражкина // *Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова* 2010. – № 4. – С. 25–30.
5. Кадыков, А. С. Реабилитация неврологических больных [Текст] / А. С. Кадыков, Л. А. Черникова, Н. В. Шапаронова. – М. : издательство «МЕДпресс-информ», 2008. – 564 с.
6. Николаев, А. П. Физическая реабилитация больных гипертензивной болезнью, осложненной церебральным инсультом [Текст] / А. П. Николаев, В. И. Шмырев, В. И. Зубков, Е. М. Бирюля, А. С. Васильев // *Медицинская реабилитация*. Выпуск №1, 2003г.
7. Одинак, М. М. Реабилитация больных в раннем восстановительном периоде инсульта [Текст] / М. М. Одинак, И. А. Вознюк, Л. Н. Анисимова // *Медлайн Экспресс*. – 2006. – № 7. – С. 34–40.
8. Парфенов, В. А. Постинсультная спастичность и ее лечение [Текст] / В. А. Парфенов // *Рус. мед. журн.* Т. 14. – 2006. – № 9. – 689–693.
9. Попов, С. Н. Восстановление двигательных функций нижней конечности у больных в остром периоде ишемического инсульта с применением роботизированной системы «ERIGO» [Текст] / С. Н. Попов, И. Г. Горохова // *Лечебная физкультура и спортивная медицина*. – 2010. – №4(76).
10. Скворцова, В. И. Реабилитация больных с инсультом [Текст] / В. И. Скворцова, Г. Е. Иванова // *Бюллетень российской ассоциации по спортивной медицине и реабилитации больных и инвалидов*. Выпуск №5 (ноябрь), 2001г.
11. Труханов, А. И. Эффект применения роботизированных устройств («ЭРИГО» И «ЛОКОМАТ») в ранние сроки после ишемического инсульта [Текст] / А. И. Труханов, Л. А. Черникова, М. А. Домашенко, А. Е. Демидова // *Вестник восстановительной медицины*. – 2008. – № 5. – С. 73–75.
12. Хабилов, Ф. А. Ранняя реабилитация больных, перенесших мозговой инсульт, в системе мультидисциплинарных бригад [Текст] / Ф. А. Хабилов // *Неврологический вестник*. – 2005. – № 2. – С. 23–29.
13. Хабилов, Ф. А. Возможности реабилитации больных инсультом [Текст] / Ф. А. Хабилов, М. А. Васильева, О. С. Кочергина // *Неврологический вестник*. Т. XXXVIII. – 2006 – вып. 1–2 – С. 79–82.
14. Харченко, Е. П. Пластичность и регенерация мозга [Текст] / Е. П. Харченко, М. И. Клименко // *Неврол. журн.* – 2006. – № 11 (6). – С. 37–45.
15. Широков, Е. А. Сирдалуд в комплексной терапии хронических болевых синдромов [Текст] / Е. А. Широков // *РМЖ*. – 2006. – № 4. – С. 240–242.
16. Яхно, Н. Н. Пластичность мозга и нервно-психические расстройства [Текст]: матер. научно-практической конференции с международным участием «Когнитивные нарушения при старении» / Н. Н. Яхно, И. В. Дамулин, Т. Г. Вознесенская. – Киев, 2007. – С. 79–80.
17. Ada L., Dorsch S., Canning C.G. Strengthening interventions increase strength and improve activity after stroke: a systematic review // *Aust. J. Physiother.* 2006; 52(4): 241-248.
18. Beck L., Wolter M., Mungard N.F. et al. Evaluation of spatial processing in virtual reality using functional magnetic resonance imaging (fMRI) // *Cyberspace Behav. Soc. Netw.* 2010; 13: 211-5.
19. Behari M. Spasticity. *Neurology India* 2002; 50: 235–7.
20. Bobath B. *Adulthemiplegia: evaluation and treatment*. – London, UK: Heinemann, 1978.
21. Bowler JV, Wade JPH, Jones BE et al. Contribution of diaschisis to the clinical deficit in human cerebral infarction. *Stroke* 1995; 26: 1000–6.
22. Butefisch CM, Netz J, Webling M et al. Remote changes in cortical excitability after stroke. *Brain* 2003; 126: 470–81.

23. Cao Y, D'Olhaberriague L, Vikngstad EM et al. Pilot study of functional MRI to assess cerebral activation of motor function after poststroke hemiparesis. *Stroke* 1998; 29: 112–22.
24. Carey LM, Abbott DF, Egan GF et al. Motor impairment and recovery in the upper limb after stroke. Behavioral and neuroanatomical correlates. *Stroke* 2005; 36: 625–9
25. Carmichael S.T., Tatsukawa K, Katsman D et al. Evolution of diaschisis in focal stroke model. *Stroke* 2004; 35: 758–63.
26. Chu W-J, Mason GF, Pan JW et al. Regional cerebral blood flow and magnetic resonance spectroscopic imaging findings in diaschisis from stroke. *Stroke* 2002; 33: 1243–8.
27. Dong Y., Dobkin B.H., Cen S.Y. et al. Motor cortex activation during treatment may predict therapeutic gains in paretic hand function after stroke // *Stroke*. 2006; 37(6): 1552-1555.
28. Enzinger C, Dawes H, Johansen-Berg H, Wade D, Bogdanovic M, Collett J, Guy C, Kischka U, Ropele S, Fazekas F, Matthews PM. Brain activity changes associated with treadmill training after stroke. // *Stroke*. 2011 Nov; 42(11):e630.
29. Feeney DM, Baron J-C. Diaschisis. *Stroke* 1986; 7: 817–30.
30. Garrison K. A., L. Aziz-Zadeh, Wong S. W., Liew S.-L., Winstein C. J.. Modulating the Motor System by Action Observation After Stroke. *Stroke*, 2013.
31. Grimaldi G, Manto M. Functional impacts of exoskeleton-based rehabilitation in chronic stroke : multi-joint versus single-joint robotic training. *J Neuroeng Rehabil*. 2013 Dec 19; 10(1):113.
32. Hafer-Macko C.E., Yu S., Ryan A.S. et al. Elevated tumor necrosis factor-alpha in skeletal muscle after stroke // *Stroke*. 2005; 36(9): 2021-2023.
33. Hallet M. Plasticity of human motor cortex and recovery from stroke. *Brain Res Rev* 2001; 36: 169–174.
34. Harvey R.L., Macko R.F., Winstein C.J., Zorowitz R.D. – New York, USA: Demos Medical Publishing, 2009. – P.145-152.
35. Hidler J., Nichols D., Pelliccio M. et al. Multi-center randomized clinical trial evaluating the effectiveness of the Lokomat in subacute stroke // *Neurorehabil. Neural. Repair*. 2009 Jan; 23(1): 5–13.
36. Johansson B.B. Brain plasticity and stroke rehabilitation. *Stroke* 2000; 20: 223–30.
37. Johansson B.B. Current trends in stroke rehabilitation. A review with focus on brain plasticity // *Acta Neurol. Scand*. 2011 Mar; 123(3): 147-59.
38. Kim Y.H., Park J.W., Ko M.H. et al. Plastic changes of motor network after constraint-induced movement therapy // *Yonsei Med. J*. 2004; 45(2): 241-246.
39. Kwakkel G., Koltzen B.J., Krebs H.I. Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: a systematic review // *Neurorehabil. Neural Repair*. 2008; 22: 111–21.
40. Laufer Y, Sivan D, Schwarzman R, Sprecher E. Standing balance and functional recovery of patients with right and left hemiparesis in the early stages of rehabilitation. *Neurorehabil Neural Repair* 2003; 17: 207–13.
41. Liepert J., Bauder H., Miltner W.H. et al. Treatment-induced cortical reorganization after stroke in humans // *Stroke*. 2000; 1(6): 1210-1216.
42. Liepert J., Haevernick K., Weiller C., Barzel A. The surround inhibition determines therapy-induced cortical reorganization // *Neuroimage*. 2006; 32(3): 1216-1220.
43. Luft A.R., Hafer-Macko C., Schallert T. Physiological basis of rehabilitation theapeutics in stroke // *Stroke recovery and rehabilitation / edited by Stein J*.
44. Luft A.R., McCombe-Waller S., Whittall J. et al. Repetitive bilateral arm training and motor cortex activation in chronic stroke: A randomized controlled trial // *JAMA*. 2004; 292(15): 1853–1861.
45. McCombe-Waller S., Whittall J. Bilateral arm training: why and who benefits? // *NeuroRehabilitation*. 2008; 23: 29-41
46. Mehrholz J., Platts T., Kugler J., Pohl M. Electro mechanical and robot-assisted arm training for improving arm function and activities of daily living after stroke // *Cochrane Database Syst Rev*. 2008; 4: CD006876.
47. Miyani I, Yagura H, Hatakenaka M et al. Longitudinal optical imaging study for locomotor recovery after stroke. *Stroke* 2003; 34: 2866–70.
48. Miyani I, Yagura H., Oda I. et al. Premotor cortex is involved in restoration of gait in stroke // *Ann Neurol*. 2002; 52(2): 188–194.
49. Mulder Th. Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation // *J. Neural. Transm*. 2007; 114: 1265–78.
50. Nardone A, Galante M, Lucas B et al. Stance control is not by paresis and reflex hyperexcitability: the case of spastic patients. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2001; 70: 635–43.
51. Nelles G., Jentzen W., Jueptner M. et al. Arm training induced brain plasticity in stroke studied with serial positron emission tomography // *Neuroimage*. 2001; 13(6): 1146-1154.
52. Paci M. Physiotherapy based on the Bobath concept for adults with post-stroke hemiplegia: A review of effectiveness studies // *J. Rehabil. Med*. 2003; 35(1): 2-7.
53. Panzarasa S., Madde S., Quaglini S., Pistarini C., Stefanelli M. // *J. Biomed Inform. Evidence-based care-flow management systems: the case of post-stroke rehabilitation / 2002. - Vol. 35. P. 123-139.*
54. Ryan A.S., Dobrovolsky C.L. Smith G.V. et al. Hemiparetic muscle atrophy and increased intramuscular fat in stroke patients // *Arch. Phys. Med. Rehabil*. 2002; 83(12): 1703-1707.
55. Seitz RJ, Azari NP, Knorr U. Role of diaschisis in stroke recovery. *Stroke* 1999; 30: 1844–50.
56. Seitz RJ, Donnan GA, Role of neuroimaging in promoting long-term recovery from ischemic stroke // *J. Magn Reson Imaging*. 2010 Oct; 32(4): 756-72. doi: 10.1002/jmri.22315
57. Sunderland A. Recovery of ipsilateral dexterity after stroke. *Stroke* 2000; 31: 430–8.

58. Szaflarski J.P., Page S.J., Kissela B.M. et al. Cortical reorganization following modified constraint-induced movement therapy: A study of four patients with chronic stroke // Arch. Phys. Med. Rehabil. 2006; 87(8): 1052-1058.

59. Taub E. Constraint-induced movement the rapy and massed practice // Stroke. 2000; 31(4): 986-988.

60. Westlake K.P., Patten C. Pilot study of Lokomat versus manual-assisted treadmill training for locomotor recovery post-stroke // J. Neuroeng. Rehabil. 2009 Jun 12; 6: 18.

61. Wolf S.L., Winstein C.J., Miller J.P. et al. Effect of constraint-induced movement therapy on upper extremity function 3 to 9 months after stroke: the EXCITE randomized clinical trial // JAMA. 2006; 296(17): 2095-2104.

62. Yan T, Hui-Chan CWY, Li LSW. Functional electrical stimulation improves motor recovery of the lower extremity and walking ability of subjects with first acute stroke. Stroke 2005; 36: 80–5.

63. Zemke AC, Heagerty PJ, Lee C et al. Motor cortex organization after stroke is related to side of stroke and level of recovery. Stroke 34: 23–8.

Библиографический список

1. Vorlou, Ch. I. Insul't: Prakticheskoe rukovodstvo dlja vedenija bol'nyh [Tekst] / Ch. I. Vorlou, M. Dennis, Ch. Varlou, Zh. Gejn, Ch. P. Vorlou; per.s angl. pod red. A. A. Skoromca, V. A. Sorokoumova. – SPb. : Politehnika, 1998. – 629 s.

2. Geht, A. B. Ishemicheskij insul't: vtorichnaja profilaktika i osnovnye napravlenija farmakoterapii v vosstanovitel'nom periode [Tekst] / A. B. Geht // Consilium Medicum. – 2001; № 3 (5): 2–7.

3. Damulin, I. V. Narushenija krovoobrashhenija v golovnom i spinnom mozge [Tekst] / I. V. Damulin, V. A. Parfenov, A. A. Skoromec, N. N. Jahno // Bolezni nervnoj sistemy. Rukovodstvo dlja vrachej; pod red. N. N. Jahno. – 4-e izd. – M. : Medicina, 2005. – S. 231–302.

4. Ivanova, G. E. Sovremennyj podhod k vosstanovleniju hod'by u bol'nyh v ostrom periode cerebral'nogo insul'ta [Tekst] / G. E. Ivanova, V. I. Skvorcova, E. A. Kovrazhkina // Zhurnal nevrologii i psichiatrii im. S. S. Korsakova 2010. – № 4. – S.25–30.

5. Kadykov, A. S. Reabilitacija nevrologicheskikh bol'nyh [Tekst] / A. S. Kadykov, L. A. Chernikova, N. V. Shahparonova. – M. : izdatel'stvo «MEDpress-inform», 2008. – 564 s.

6. Nikolaev, A. P. Fizicheskaja reabilitacija bol'nyh gipertonicheskoj bolezni, oslozhennoj cerebral'nym insul'tom [Tekst] / A. P. Nikolaev, V. I. Shmyrev, V. I. Zubkov, E. M. Birjulja, A. S. Va-sil'ev // Medicinskaja reabilitacija. Vypusk №1, 2003g.

7. Odinak, M. M. Reabilitacija bol'nyh v rannem vosstanovitel'nom periode insul'ta [Tekst] / M. M. Odinak, I. A. Voznjuk, L. N. Anisimova // Medlajn Jekspress. – 2006. – № 7. – S. 34–40.

8. Parfenov, V. A. Postinsul'tnaja spastichnost' i ee lechenie [Tekst] / V. A. Parfenov // Rus.med. zhurn. T. 14. – 2006. – № 9. – 689–693.

9. Popov, S. N. Vosstanovlenie dvigatel'nyh funkcij nizhnej konechnosti u bol'nyh v ostrom periode ishemicheskogo insul'ta s primeneniem robotizirovannoj sistemy «ERIGO» [Tekst] / S. N. Popov, I. G. Gorohova // Lechebnaja fizkul'tura i sportivnaja medicina. –2010. – №4 (76).

10. Skvorcova, V. I. Reabilitacija bol'nyh s insul'tom [Tekst] / V. I. Skvorcova, G. E. Ivanova // Bjul'ten' rossijskoj asociacii po sportivnoj medicine i reabilitacii bol'nyh i invalidov. Vypusk №5 (nojabr'), 2001g.

11. Truhanov, A. I. Jeftekt primenenija robotizirovannyh ustrojstv («JeRIGO» I «LOKOMAT») v rannie sroki posle ishemicheskogo insul'ta [Tekst] / A. I. Truhanov, L. A. Chernikova, M. A. Domashenko, A. E. Demidova // Vestnik vosstanovitel'noj mediciny. – 2008. – № 5. – S.73–75.

12. Habirov, F. A. Rannjaja reabilitacija bol'nyh, perenesih mozgovoj insul't, v sisteme multidisciplinarnykh brigad [Tekst] / F. A. Habirov // Nevrologicheskij vestnik. – 2005. – № 2. – S. 23–29.

13. Habirov, F. A. Vozmozhnosti reabilitacii bol'nyh insul'tom [Tekst] / F. A. Habirov, M. A. Vasil'eva, O. S. Kochergina // Nevrologicheskij vestnik. T. XXXVIII. – 2006 – vyp. 1–2 – S. 79–82.

14. Harchenko, E. P. Plastichnost' i regeneracija mozga [Tekst] / E. P. Harchenko, M. I. Klimenko // Nevrol. zhurn. – 2006. – № 11 (6). – S. 37–45.

15. Shirokov, E. A. Sirdalud v kompleksnoj terapii hronicheskikh bolevykh sindromov [Tekst] / E. A. Shirokov // RMZh. – 2006. – № 4. – S. 240–242.

16. Jahno, N. N. Plastichnost' mozga i nervno-psihicheskie rasstrojstva [Tekst]: mater. nauchno-prakticheskoi konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Kognitivnye narushenija pri starenii» / N. N. Jahno, I. V. Damulin, T. G. Voznesenskaja. – Kiev, 2007. – S. 79–80.

17. Ada L., Dorsch S., Canning C.G. Strengthening interventions increase strength and improve activity after stroke: a systematic review // Aust. J. Physiother. 2006; 52(4): 241-248.

18. Beck L., Wolter M., Mungard N.F. et al. Evaluation of spatial processing in virtual reality using functional magnetic resonance imaging (fMRI) // Cyber-space Behav. Soc. Netw. 2010; 13: 211-5.

19. Behari M. Spasticity. Neurology India 2002; 50: 235–7.

20. Bobath B. Adulthemiplegia: evaluation and treatment. – London, UK: Heinemann, 1978.

21. Bowler JV, Wade JPH, Jones BE et al. Contribution of diaschisis to the clinical deficit in human cerebral infarction. Stroke 1995; 26: 1000–6.

22. Butefisch CM, Netz J, Webling M et al. Remote changes in cortical excitability after stroke. Brain 2003; 126: 470–81.

23. Cao Y, D'Olhaberriague L, Vikngstad EM et al. Pilot study of functional MRI to assess cerebral activation

of motor function after poststroke hemiparesis. *Stroke* 1998; 29: 112–22.

24. Carey LM, Abbott DF, Egan GF et al. Motor impairment and recovery in the upper limb after stroke. Behavioral and neuroanatomical correlates. *Stroke* 2005; 36: 625–9.

25. Carmichael S.T., Tatsukawa K, Katsman D et al. Evolution of diaschisis in focal stroke model. *Stroke* 2004; 35: 758–63.

26. Chu W-J, Mason GF, Pan JW et al. Regional cerebral blood flow and magnetic resonance spectroscopic imaging findings in diaschisis from stroke. *Stroke* 2002; 33: 1243–8.

27. Dong Y., Dobkin B.H., Cen S.Y. et al. Motor cortex activation during treatment may predict therapeutic gains in paretic hand function after stroke // *Stroke*. 2006; 37(6): 1552-1555.

28. Enzinger C, Dawes H, Johansen-Berg H, Wade D, Bogdanovic M, Collett J, Guy C, Kischka U, Ropele S, Fazekas F, Matthews PM. Brain activity changes associated with treadmill training after stroke. // *Stroke*. 2011 Nov; 42(11):e630.

29. Feeney DM, Baron J-C. Diaschisis. *Stroke* 1986; 7: 817–30.

30. Garrison K. A., L. Aziz-Zadeh, Wong S. W., Liew S.-L., Winstein C. J.. Modulating the Motor System by Action Observation After Stroke. *Stroke*, 2013.

31. Grimaldi G, Manto M. Functional impacts of exoskeleton-based rehabilitation in chronic stroke : multi-joint versus single-joint robotic training. *J Neuroeng Rehabil*. 2013 Dec 19; 10(1):113.

32. Hafer-Macko C.E., Yu S., Ryan A.S. et al. Elevated tumor necrosis factor-alpha in skeletal muscle after stroke // *Stroke*. 2005; 36(9): 2021-2023.

33. Hallet M. Plasticity of human motor cortex and recovery from stroke. *Brain Res Rev* 2001; 36: 169–174.

34. Harvey R.L., Macko R.F., Winstein C.J., Zorowitz R.D. – New York, USA: Demos Medical Publishing, 2009. – P.145–152.

35. Hidler J., Nichols D., Pelliccio M. et al. Multicenter randomized clinical trial evaluating the effectiveness of the Lokomat in subacute stroke // *Neurorehabil. Neural Repair*. 2009 Jan; 23(1): 5–13.

36. Johansson B.B. Brain plasticity and stroke rehabilitation. *Stroke* 2000; 20: 223–30.

37. Johansson B.B. Current trends in stroke rehabilitation. A review with focus on brain plasticity // *Acta Neurol. Scand*. 2011 Mar; 123(3): 147-59.

38. Kim Y.H., Park J.W., Ko M.H. et al. Plastic changes of motor network after constraint-induced movement therapy // *Yonsei Med. J*. 2004; 45(2): 241–246.

39. Kwakkel G., Koltzen B.J., Krebs H.I. Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: a systematic review // *Neurorehabil. Neural Repair*. 2008; 22: 111–21.

40. Laufer Y, Sivan D, Schwarzman R, Sprecher E. Standing balance and functional recovery of patients with

right and left hemiparesis in the early stages of rehabilitation. *Neurorehabil Neural Repair* 2003; 17: 207–13.

41. Liepert J., Bauder H., Miltner W.H. et al. Treatment-induced cortical reorganization after stroke in humans // *Stroke*. 2000; 1(6): 1210-1216.

42. Liepert J., Haevernick K., Weiller C., Barzel A. The surround inhibition determines therapy-induced cortical reorganization // *Neuroimage*. 2006; 32(3): 1216-1220.

43. Luft A.R., Hafer-Macko C., Schallert T. Physiological basis of rehabilitation the reapeutics in stroke // *Stroke recovery and rehabilitation / edited by Stein J*.

44. Luft A.R., McCombe-Waller S., Whittall J. et al. Repetitive bilateral arm training and motor cortex activation in chronic stroke: A randomized controlled trial // *JAMA*. 2004; 292(15): 1853–1861.

45. McCombe-Waller S., Whittall J. Bilateral arm training: why and who benefits? // *Neuro Rehabilitation*. 2008; 23: 29-41

46. Mehrholz J., Platts T., Kugler J., Pohl M. Electro mechanical and robot-assisted arm training for improving arm function and activities of daily living after stroke // *Cochrane Database Syst Rev*. 2008; 4: CD006876.

47. Miyani I, Yagura H, Hatakenaka M et al. Longitudinal optical imaging study for locomotor recovery after stroke. *Stroke* 2003; 34: 2866–70.

48. Miyani I., Yagura H., Oda I. et al. Premotor cortex is involved in restoration of gait in stroke // *Ann Neurol*. 2002; 52(2): 188–194.

49. Mulder Th. Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation // *J. Neural. Transm*. 2007; 114: 1265–78.

50. Nardone A, Galante M, Lucas B et al. Stance control is not by paresis and reflex hyperexcitability: the case of spastic patients. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2001; 70: 635–43.

51. Nelles G., Jentzen W., Jueptner M. et al. Arm training induced brain plasticity in stroke studied with serial positron emission tomography // *Neuroimage*. 2001; 13(6): 1146-1154.

52. Paci M. Physiotherapy based on the Bobath concept for adults with post-stroke hemiplegia: A review of effectiveness studies // *J. Rehabil. Med*. 2003; 35(1): 2-7.

53. Panzarasa S., Madde S., Quaglini S., Pistarini C., Stefanelli M. // *J. Biomed Inform. Evidence-based care-flow management systems: the case of post-stroke rehabilitation / 2002. - Vol. 35. P. 123-139.*

54. Ryan A.S., Dobrovolsky C.L. Smith G.V. et al. Hemiparetic muscle atrophy and increased intramuscular fat in stroke patients // *Arch. Phys. Med. Rehabil*. 2002; 83(12): 1703-1707.

55. Seitz RJ, Azari NP, Knorr U. Role of diaschisis in stroke recovery. *Stroke* 1999; 30: 1844–50.

56. Seitz RJ, Donnan GA, Role of neuroimaging in promoting long-term recovery from ischemic stroke // *J. Magn Reson Imaging*. 2010 Oct; 32(4): 756-72. doi: 10.1002/jmri.22315

57. Sunderland A. Recovery of ipsilateral dexterity after stroke. *Stroke* 2000; 31: 430–8.

58. Szaflarski J.P., Page S.J., Kissela B.M. et al. Cortical reorganization following modified constraint-induced movement therapy: A study of four patients with chronic stroke // Arch. Phys. Med. Rehabil. 2006; 87(8): 1052-1058.

59. Taub E. Constraint-induced movement therapy and massed practice // Stroke. 2000; 31(4): 986-988.

60. Westlake K.P., Patten C. Pilot study of Lokomat versus manual-assisted treadmill training for locomotor recovery post-stroke // J. Neuroeng. Rehabil. 2009 Jun 12; 6: 18.

61. Wolf S.L., Winstein C.J., Miller J.P. et al. Effect of constraint-induced movement therapy on upper extremity function 3 to 9 months after stroke: the EXCITE randomized clinical trial // JAMA. 2006; 296(17): 2095-2104.

62. Yan T, Hui-Chan CWY, Li LSW. Functional electrical stimulation improves motor recovery of the lower extremity and walking ability of subjects with first acute stroke. Stroke 2005; 36: 80–5.

63. Zemke AC, Heagerty PJ, Lee C et al. Motor cortex organization after stroke is related to side of stroke and level of recovery. Stroke 34: 23.