

azauracil dimers]. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [News of Volgograd State Technical University], 2012, no. 10 (97), pp. 55–62.

5. Erman Ye. A., Elkin P. M., Smirnov A. P. Matematicheskie modeli i kompyuternye tekhnologii v molekulyarnom modelirovanii [Mathematical models and computer technologies in molecular modeling]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2010, no. 3 (18), pp. 126–130.

6. Dobrowolski J. Cz., Rode J. E., Kobos R., Jamroz M., Bajdor K., Mazurik A. R. Ar-matrix IR spectra of 5-halogenuracil interpreted by DFT calculation. *J. Phys. Chem.*, A2005, vol. 109, pp. 2167–2182.

7. Frisch M. J., Trucks G. W., Schlegel H. B. Gaussian 03. Revision B.03. Pittsburgh PA, Gaussian Inc., 2003.

8. Prasad O., Sinha L., Kumar N. Theretical Raman and IR spectra of tegafur and comparison of molecular electrostatic potential surface, polarizability and hyper polarizability of tegafur with 5-fluoro-uracil by density functional theory. *J. At. Mol. Sci.*, 2010, vol. 1, no. 3, pp. 201–214.

9. Rastogi V. K., Palafox N. A., Guerrero-Martinez A., Tardajos G., Valts J. K., Kostova I., Shlukcer S., Kiefer W. FT-IR and rRaman spectra, ab initio and density functional computations of the vibrational spectra, molecular geometry, atomic charges and some molecular properties of biomolecule 5-iodouracil. *J. Mol. Struct.*, 2010, vol. 940, pp. 29–44.

10. Singh J. S. Raman and Raman spectra and fundamental frequencies of 5-halosubstituted uracils. *Spectrochim. Acta.*, 2012, vol. 87A, no. 2, pp. 106–111.

11. Zhi-Guo Shang, Dor Nghi Ting, Yee ting Wong, Yee Chen Tan, Bai Ying, Yu-Jun Mo. A study of DFT and surface enhanced Raman scattering in silver colloids for thymine. *J. Mol. Structure*, 2007, vol. 826, pp. 64–67.

УДК [004.94+658.5]:616.7

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОБЛЕМАТИКИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ РЕАБИЛИТАЦИИ КИСТЕЙ И ПАЛЬЦЕВ РУК

Неживая Юлия Николаевна, магистрант, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, e-mail: julia89_astr@mail.ru

Травова Екатерина Сергеевна, студентка, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, e-mail: astra_test@mail.ru
Водатильнов Андрей Евгеньевич, магистрант, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, e-mail: andreyvod@mail.ru

В статье рассмотрен комплекс вопросов, связанных с управлением процессами реабилитации кистей и пальцев рук (КиПР) после заболеваний, травм, выполнения хирургических операций, проведения протезирования. Авторы анализируют существующие подходы к качественным и количественным оценкам реабилитации КиПР, предлагают собственную систему показателей, обосновывают ее преимущества. Исследованы некоторые вопросы использования инструментальных средств/методов для получения количественных оценок показателей моторики КиПР. Описаны существующие подходы к организации реабилитационных мероприятий в отношении КиПР, включая медикаментозные и физиотерапевтические воздействия, психологическую помощь, различные виды тренинга, сочетания этих подходов. Показано, что усложняющими факторами при управлении процессами реабилитации КиПР являются: вероятностный характер реакций объекта управления на реабилитационные мероприятия; запаздывание реакций по времени; в ряде случаев – неустойчивость во времени достигаемых реабилитационных результатов. Авторами предложены математические модели для оценки: полноты реабилитации КиПР в фиксированные моменты времени; скорости процесса реабилитации; прогнозных значений показателей моторики КиПР к моменту завершения реабилитационных процессов.

Ключевые слова: кисти и пальцы рук, реабилитация, показатели, методы оценки, управление реабилитацией, усложняющие факторы, детерминированное управление; динамическое управление, адаптивное управление, интеллектуальное управление.

SYSTEM ANALYSIS OF REHABILITATION PROCESSES PROBLEMATICS FOR HUMAN HANDS BRUSHES AND FINGERS

Nezhivaya Yuliya N., undergraduate student, Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation, e-mail: julia89_astr@mail.ru

Travova Yekaterina S., student, Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation, e-mail: astra_tes@mail.ru

Vodopyanov Andrey Ye., undergraduate student, Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation, e-mail: andreyvod@mail.ru

In article is considered complex of the questions, connected with rehabilitation processes management of hands brushes and fingers (HBaF) after diseases, traumas, surgeries, prosthetics performance. Authors analyze existing approaches to quality and quantitative estimations of HBaF rehabilitation, offer own system of indicators, prove its advantages. Some questions of tool means/methods usage for receiving quantitative estimates of indicators for HBaF motility are investigated. In article are described existing approaches to the rehabilitation actions organization for HBaF, including medicamental and physiotherapeutic influences, a psychological assistance, different types of training, a combination of these approaches. It is shown that complicating factors for management of HBaF rehabilitation processes are: probabilistic nature of reactions for «object of management» at rehabilitation actions; delay of reactions in time; in a number of cases – instability in time of reached rehabilitation results. Authors offered mathematical models for an assessment: completeness of HBaF rehabilitation in fixed timepoint; speeds of rehabilitation process; expected indicators values for HBaF motility at the end of rehabilitation processes.

Keywords: hands brushes and fingers, rehabilitation, indicators, assessment methods, management of the rehabilitation, the complicating factors, determined management; dynamic management, adaptive management, intellectual management

Анализ содержания термина «реабилитация». Кисти и пальцы рук (КиПР) человека играют важнейшую роль в его жизнедеятельности, однако по различным причинам их моторные функции могут нарушаться. Для восстановления этих функций кроме собственно лечебных используются и реабилитационные мероприятия. Однако некоторые вопросы управления такими процессами, контроля их динамики во времени, оценки окончательных результатов остаются исследованными недостаточно полно. Поэтому в настоящей работе ставилась цель выполнить комплексный анализ проблематики реабилитации КиПР, включая мониторинг динамики и полноты восстановления моторных функций, оценку эффективности применяемых технологий, управление реабилитационными процессами, в том числе с использованием биологических обратных связей (БОС).

По определению ВОЗ [18], «реабилитация – это комбинированное и координированное применение социальных, медицинских, педагогических и профессиональных мероприятий с целью подготовки и переподготовки индивидуума для достижения оптимальной его трудоспособности». Согласно [11], выделяют три вида реабилитации: «медицинская, включающая все лечебные и психологические мероприятия, способствующие восстановлению здоровья больного; социальная – развитие навыков самообслуживания в домашней, уличной и другой социальной среде; профессионально-производственная реабилитация – подготовка и освоение трудовой деятельности, т. е. выход из болезни, возвращение в производственную обстановку». В [18] различается физическая, психическая и социальная реабилитация. Психологическая помощь пациентам особенно важна при частичной утрате функциональности

КиПР постоянного характера, социальной дезадаптации и пр. Наиболее развернутое определение для медицинской реабилитации дано в [16] (ст. 40) «... – комплекс мероприятий медицинского и психологического характера, направленных на полное или частичное восстановление нарушенных и (или) компенсацию утраченных функций пораженного органа либо системы организма, поддержание функций организма в процессе завершения остро развившегося патологического процесса или обострения хронического патологического процесса в организме, а также на предупреждение, раннюю диагностику и коррекцию возможных нарушений функций поврежденных органов либо систем организма, предупреждение и снижение степени возможной инвалидности, улучшение качества жизни, сохранение работоспособности пациента и его социальную интеграцию в общество». Согласно [15], права на социальную компенсацию возникают только при несчастных случаях на работе, по дороге на работу или с работы в транспорте работодателя, а также при профессиональном заболевании. Таким образом, бытовые, спортивные и иные виды травм этим законом не охватываются.

В настоящей работе под термином «реабилитация КиПР» будет пониматься *«комплекс мероприятий, направленных на максимально полное восстановление функциональности КиПР, прежде всего их моторных функций»*. При этом мы будем считать, что реабилитационные мероприятия могут осуществляться как после окончания собственно лечебных (например, после хирургического вмешательства), так и совпадать по времени с применением медикаментозных средств, физиотерапевтических воздействий на пациента и пр. Целесообразно отметить, что реабилитация при травмах КиПР у иностранных граждан (включая студентов [3]) может осложняться незнанием (или плохим знанием) **Причины, последствия, необходимость устранения нарушений функций КиПР.** КиПР человека обеспечивают разнообразие и точность различных движений, включая мелкую моторику. От качества выполнения движений КиПР серьезно зависит эффективность реализации трудовых и бытовых операций, а в ряде случаев и безопасность жизнедеятельности. Нарушения моторики КиПР людей могут также ухудшать качество их жизни в целом [14], требовать постоянной помощи со стороны других лиц, в том числе за счет отвлечения их от производительного труда.

Причинами нарушений моторики КиПР могут быть заболевания и/или травмы, их непосредственные и/или отдаленные последствия, обострения хронических заболеваний. Количество травм и заболеваний КиПР довольно высокое, особенно в детском и пожилом возрасте. Это делает проблематику их профилактики, диагностики, собственно лечения, реабилитации весьма актуальной. В конкретных случаях нарушения моторики КиПР могут быть: полностью обратимыми; частично обратимыми; необратимыми (например, при травматической ампутации кисти, пальца целиком, его фаланги).

К травмам обычно относят ушибы, разрывы, растяжения, вывихи и переломы. Они могут носить спортивный [7], бытовой, профессиональный (производственный) и иной характер. Отметим еще огнестрельные пулевые и осколочные ранения, термические ожоги КиПР, поражения электрическим током, результаты воздействия токсичных химических веществ (в том числе промышленных ядов) и пр. В результате травм КиПР могут повреждаться мышцы, нервные волокна, суставы, кости. Нарушения моторики КиПР могут быть также следствиями неблагоприятных воздействий и на другие части тела человека, например, в результате черепно-мозговых травм.

В отношении заболеваний в медицине принято деление их на самостоятельные и вторичные. Последние возникают как осложнения других патологических процессов (или их совокупностей), происходящих в организме, в том числе и на фоне возрастных изменений. Заболевания, приводящие к нарушениям моторики КиПР, могут относиться, главным образом, к мышцам, управляющим движениями КиПР; костно-суставному аппарату; центральной и периферической нервной системе; кожным покровам. Основными заболеваниями, свя-

занными с нарушениями моторики КиПР, принято считать: артрит; бурсит; артроз суставов (остеоартроз); болезнь Рейно; синдром карпального канала; подагру; миопатию. Нарушения моторики КиПР может вызывать и недостаточная двигательная активность людей, в том числе связанная с соблюдением длительное время «постельного режима», использованием «обездвиживающих» гипсовых повязок для КиПР и пр.

Критерии оценки и показатели качества моторики КиПР. Основными критериями качества реабилитации можно считать полноту, скорость (быстроту достижения), устойчивость во времени.

Таким образом, оптимальный вариант для системы реабилитационных мер должен соответствовать максимуму «интегрального индекса»:

$$I = (\beta_1 \tilde{W} + \beta_2 \tilde{V} + \beta_3 \tilde{S} - \beta_4 \tilde{\Psi}) / (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4), \quad (1)$$

где $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ – весовые коэффициенты; $\tilde{W}, \tilde{V}, \tilde{S}$ – относительные показатели для полноты, скорости и устойчивости реабилитационных результатов, а $\tilde{\Psi}$ – относительный показатель для затрат. Примем

$$\tilde{W} = W_{prog} / W_{max}; \quad \tilde{V} = V_{prog} / V_{max}; \quad \tilde{S} = S_{prog} / S_{max}; \quad \tilde{\Psi} = \Psi_{prog} / \Psi_{stand}, \quad (2)$$

где индексы имеют следующий смысл: «prog» – прогнозное значение для соответствующего варианта; «max» – наилучшее возможное значение для соответствующего критерия; «stand» – затраты на лечение, соответствующие «стандарту» или типовому подходу к лечению. Отметим, что для работающих граждан и их работодателей может быть рентабельным сокращение сроков лечения за счет увеличения затрат по сравнению со «стандартными» вариантами – в том числе с использованием платных медицинских услуг.

Также может быть важен критерий (отношение) «положительный эффект / затраты». Положительный эффект включает в себя, в частности, «предотвращенный ущерб», связанный с потерей трудоспособности, а «затраты» – не только денежные средства, но и ресурсы времени, используемые сотрудниками медучреждений и пациентами.

Выбор/корректировка варианта реабилитационных мероприятий КиПР в конкретном случае может осуществляться на основе информации, представленной в качественной и/или количественной форме [13]. Для опытного врача весьма информативны, а нередко и достаточны: визуальная оценка качества выполнения пациентом указанных им движений КиПР; принудительное перемещение КиПР пациента, которое медработник осуществляет своими руками и ощущает при этом их «сопротивление», чувствует «болевые реакции» пациента и пр. При этом анализ/оценка врачом информации осуществляется на основе личного опыта и знаний. Существенно, что эти оценки не полностью «формализованы», могут носить «нечеткий» и даже субъективный характер.

С позиций системного анализа оценки для функциональности КиПР могут быть классифицированы так: «интегральные» (например, по формулам типа (1),(2)) и/или относящиеся к отдельным характеристикам моторики; качественные и/или количественные; выполняемые с использованием инструментальных (технических) средств или без них; относящиеся к кистям рук и/или к отдельным пальцам этих кистей.

Авторы считают целесообразным использовать приводимые ниже показатели функциональности КиПР, которые отражают разные характеристики, включая подвижность кистей/пальцев; амплитуду движений; силу мышц, обеспечивающих движения пальцами. Для большинства предлагаемых показателей возможны прямые количественные измерения/оценки. Повторение этих же заданий может рассматриваться и как реабилитационные процедуры.

Для кисти в целом: максимальное усилие сжатия (в кг, измеряется динамометром); длительность сохранения/удержания кистью такого усилия (секунды); максимальный угол

между большим пальцем и мизинцем для «раскрытой кисти» во фронтальной плоскости (в градусах); максимальные углы между парами соседних раздвинутых пальцев во фронтальной плоскости; максимальная частота «раздвигания-сдвигания» пальцев кисти во фронтальной плоскости (раз/минуту); максимальные углы («прямой» и «обратный») поворота свободной кисти руки по отношению к оси, определяемой костью предплечья, во фронтальной и сагитальной плоскостях – последнее в медицинской литературе обычно называется «приведение-отведение» (в градусах); суммы модулей для этих углов позволяют оценить «амплитуды» движений; углы между двумя соседними раздвинутыми пальцами кисти в сагитальной плоскости; скорость однонаправленного вращения кисти (количество оборотов в минуту); скорость двунаправленного попеременного вращения кисти «по» и «против» часовой стрелки (количество пар оборотов в минуту); полнота сжатия пальцев кисти «в кулак» обычно оценивается по «недоводу» пальцев до центра ладони (сантиметры) – это позволяет оценить подвижности всех фаланг пальцев.

Упоминаемые выше углы могут измеряться традиционными механическими угломерами или их электронными аналогами. Для оценки углов между двумя раздвигаемыми пальцами (в том числе и соседними) во фронтальной или сагитальной плоскостях может использоваться их наложение на плоский «транспортёр», образованный пучком линий, исходящих из общего фокуса.

Для каждого из пальцев по отдельности: «недовод» до центра ладони (см); максимальное усилие сжатия (кг); длительность его сохранения/удержания (сек); максимальная частота сжатия-разжатия пальца (раз в минуту); полнота сгибания-разгибания – по «недоводу» до центра ладони (см).

Утомляемость мышц, управляющих КиПР, может оцениваться по изменению во времени представленных выше показателей в процессе выполнения упражнений. Важны также оценки времени возникновения тремора кистей рук (в том числе при приложении внешней нагрузки), амплитуда такого тремора, с оговорками – частота тремора.

Точности движений совокупностями пальцев могут оцениваться с помощью специальных тестов и устройств/приспособлений. Например, это может быть: вдевание нитки заданной толщины в серию колец разного диаметра (считаем, что качество зрения не «лимитирует» результаты); перемещение курсора на экране ПЭВМ по заданному шаблону (траектории) с помощью «мыши» [1, 2, 5, 6], в том числе специальной, которая надевается на отдельный палец; тесты с использованием лазерных указок [4], удерживаемых на весу пальцами рук; работа с наборами предметов из заданных «серий размеров» и пр.

Отметим, что оценки для показателей могут различаться для левой и правой рук. Поэтому брать показатели одной руки в качестве «контрольных» при оценке показателей другой – обычно не корректно.

Оценка точности движений КиПР (в том числе координации движений для разных рук) в трехмерном пространстве возможна также с применением двух видеокамер и компьютерных систем распознавания изображений. Для конечностей в целом такие технологии уже успешно реализованы в ряде игровых приставок, например, в Microsoft Kinect. Недостаток большинства используемых сейчас подходов к получению/оценке показателей для КиПР – отсутствие автоматизированного ввода количественных данных в ЭВМ и их последующей обработки для более полного извлечения информации.

Методы диагностики причин и результатов нарушений моторики КиПР. Эффективность затрат на диагностику заболеваний, являющихся причинами нарушений (ухудшения качества) функционирования КиПР, определяется: повышением точности (надежности) определения/распознавания заболеваний или их совокупностей; сокращением сроков лечения/реабилитации; потенциально более полным восстановлением функций КиПР. Несколько десятилетий назад для целей медицинской диагностики в «нечетких» условиях было

популярным использование «экспертных систем» – сейчас в таких случаях обычно назначаются дополнительные исследования/анализы. Укажем особенности основных инструментальных методов диагностики.

1. Рентгенодиагностика в форме рентгенографии и/или рентгеноскопии обычно позволяет лучше определить нарушения костно-суставного аппарата, чем мягких тканей. Использование «контрастирования» дает возможность выявить нарушения кровообращения в КиПР. Рентгеновская компьютерная томография для КиПР применяется относительно редко.

2. Использование для КиПР магнито-резонансной томографии также не характерно, в том числе из-за ее дороговизны и загруженности оборудования более сложными с медицинской точки зрения исследованиями.

3. УЗИ диагностика патологий КиПР практически не применяются, так как это весьма «неудобный» для УЗИ объект.

4. Электромиографические (ЭМГ) методы и оборудование (в том числе многоканальное) обычно используются для регистрации сигналов лишь с достаточно крупных мышц (например, предплечья), но не мышц собственно КиПР. Электромиография возможна: с введением электродов под кожу; путем наложения их на ее поверхность. Последняя схема характерна также для исследования нервной проводимости. Сложности использования ЭМГ связаны с такими факторами: малой величиной регистрируемых электрических сигналов; наличием значительных электромагнитных помех в информативном для исследований диапазоне. Термографические методы (в основном бесконтактные – на основе регистрации инфракрасного излучения КиПР) могут использоваться для следующих целей: обнаружения закрытых переломов, ушибов; определения активности артритов, бурситов, границ ожоговых поражений и отморожений и т.д. Важное функциональное достоинство этих методов – возможность наглядного сравнения «термоизображений» в покое и в процессе выполнения упражнений КиПР.

В отношении собственно нарушений функций/моторики КиПР могут использоваться опрос пациентов и/или их родителей в отношении качества моторики КиПР и ее изменений (получаемые результаты могут быть субъективными), упражнения/измерения для оценки показателей из предыдущего раздела. Отметим также упражнения на вдевание нитки в иголку с заданным размером ушка, на завязывание/развязывание узлов и пр.

Оценки качества моторики КиПР могут осуществляться: до начала лечения/реабилитации и после его окончания; между реабилитационными сеансами; непосредственно в процессе их проведения. Точность (адекватность) результатов оценки может зависеть от точности измерительного устройства, методических погрешностей способа исследований, степени воспроизводимости результатов исследований/экспериментов, в том числе в условиях накопления мышечной и/или психологической усталости. Для исследования оценки и измерения может быть актуальной задача оптимизации распределения моментов их проведения по времени с учетом нормативных требований и ресурсных ограничений (в том числе по трудоемкости для медработников), а также динамической корректировки этих моментов с учетом фактических результатов, получаемых при лечении/реабилитации КиПР.

Номенклатура оборудования для инструментальных исследований собственно показателей моторики КиПР относительно узкая. Некоторые такие возможности имеет и часть тренингового оборудования (см. ниже).

Цели и методы лечения нарушений моторики КиПР, принципы управления лечебными процессами. Целью лечения патологий КиПР (и, возможно, последующей реабилитации) является восстановление их функциональности. В типичных случаях лечение осуществляется на основе «стандартов», но с учетом особенностей конкретных пациентов. Лечебные и реабилитационные мероприятия для КиПР могут осуществляться: в стационарных и амбула-

торных медучреждениях (включая поликлиники по месту жительства [9], физкультурные диспансеры, реабилитационные центры и пр.); на дому у пациентов.

При малозначительных травмах/заболеваниях КиПР лечебные и реабилитационные мероприятия обычно не проводятся, так как «внутренние» возможности (резервы) организма человека в каких-то пределах обеспечивают его эффективное самовосстановление.

Также в ряде случаев достаточно упражнений, относимых к категории «лечебной физкультуры» – они могут использоваться не только в медучреждениях, но и на дому. Возможно и «дистанционное управление» проведением таких занятий со стороны медработников через Интернет – с визуальным контролем выполнения упражнений. Для успешной самостоятельной реализации упражнений могут быть полезны аудиовизуальные тренинговые курсы, использующие ПЭВМ и звуковые колонки (пациент должен руководствоваться демонстрируемыми анимациями и вербальными инструкциями).

Для более сложных случаев целесообразно специальное лечение КиПР, включая массаж, медикаментозное и физиотерапевтическое. Для последнего направления выделим несколько групп и приведем примеры моделей:

- электромиостимуляторы – «Миоритм-040» (ООО «МЕДТЕХНИКА», Россия), BODY SCULPTOR (TERMOSALUD, Испания), B-3813 (RADIUM COSMETIC, Китай), ЭСМА 12.16 Универсал (ООО ЭСМА, Россия);
- устройства для механотерапии: аппарат для пассивной разработки верхних конечностей Fisiotek HP2 (RIMEC S.R.L., Италия), стол – тренажер «Канавелл» (США);
- магнитотерапевтическое (МТ) оборудование: МТ комплекс МУЛЬТИМАГ МК-03 (приборный завод (филиал ФГУП ГРПЗ), Россия), аппарат МТ BTL-09 (BTL MEDICAL TECHNOLOGIES, Чехия), аппарат МТ MG-Wave (COSMOGAMMA by EMILDUE, Италия);
- аппарат магнитолазерной терапии универсальный АЗОР-2К-02 (ООО АЗОР, Россия).

Большинство моделей предназначены для медучреждений; носят универсальный характер (т.е. КиПР для них – только один из объектов).

При тяжелых заболеваниях КиПР могут быть целесообразны хирургические вмешательства [11, 17], в том числе с последующей реабилитацией. Такие вмешательства сопровождаются рядом рисков, обычно более высоких, чем при других методах лечения.

Протезирование КиПР может осуществляться при утрате кистей в целом, пальцев, фаланг пальцев. Даже при использовании современных бионических протезов, управляемых ЭМГ-сигналами с мышц пациента, полного восстановления моторики КиПР достичь не удастся. После протезирования обычно необходимы процессы адаптации (реабилитации) пациентов к изменившимся условиям.

Принципы и возможные подходы к управлению реабилитацией. Целями управления процессами лечения и реабилитации КиПР может быть восстановление моторики в максимально короткие сроки или сроки, не более заданных; в полном объеме (до состояния, предшествовавшего травме/заболеванию) или в том объеме, который потенциально допускает перенесенное заболевание/травму. Виды ограничений при управлении: нормативные; транспортной доступности для пациентов врачей, медучреждений, лечебного и реабилитационного оборудования (в том числе и на дому); стоимости проведения лечебно-реабилитационных процедур, в том числе за рамками госгарантий оказания бесплатной медицинской помощи; специализация/квалификация медперсонала. Осложняющие факторы при управлении: вероятностный характер реакций «объектов управления» (пациентов) на лечебные и реабилитационные воздействия; запаздывание таких реакций по времени, иногда значительное; относительно слабые улучшения за период от одного сеанса воздействий к другому, что психологически может восприниматься как отсутствие улучшений; немонотонный со временем характер улучшений моторики; иногда – недостаточная устойчивость во времени достигаемых лечебно-реабилитационных результатов.

Отметим, что в рамках лечебных и реабилитационных мероприятий могут использоваться различные повязки (включая гипсовые), бандажи, лангетки и пр., временно ограничивающие подвижность КиПР. В этот период использование многих описанных выше упражнений, методов оценки моторики КиПР становятся невозможными.

Считается, что собственно реабилитационные мероприятия медицинского характера в отношении КиПР включают в себя в основном различные варианты тренинга (в том числе с использованием «ручных» и «автоматизированных» тренажерных устройств) и трудотерапии. Вопросы планирования и реализации процессов реабилитации КиПР, в том числе на основе «стандартов», рассматриваются в ряде работ [12, 19, 21, 22]. В общем случае возможны следующие «базовые» подходы к управлению реабилитацией.

(а) Детерминированный подход (в том числе основанный на «стандартах лечения») включает в себя назначение курса мероприятий (совокупности сеансов), для которых их количество, продолжительности, режимы выполнения, распределение сеансов по времени и пр. не корректируются в процессе прохождения пациентом курса. Преимущества: простота реализации; малые затраты на диагностические процедуры и анализ их результатов; использование опыта медицинской практики, отраженного в стандартах лечения, учебной медицинской литературе и пр. (б) Динамическое управление режимами/продолжительностями каждого сеанса тренинга/реабилитации в процессе его проведения (рис. 1). Такое управление может осуществляться самим пациентом (в том числе по результатам его самочувствия); медработником или родственниками (по результатам визуального наблюдения за пациентом в процессе тренинга); на основе объективных физиологических показателей (частота дыхания, пульса, появление пота и пр.), которые оцениваются с применением инструментальных средств/методов; автоматически (за счет применения БОС).

(в) Адаптивное управление тренингом КиПР путем корректировки графика, продолжительности, интенсивности и пр. упражнений для последующих сеансов в зависимости от результатов предыдущих. При этом могут использоваться базы знаний следующих типов: отражающие общемедицинский опыт; по результатам анализа эффективности методов/режимов для конкретного реабилитируемого пациента (рис. 2). Таким образом, в рамках адаптивного управления фактически осуществляется изучение реакций объекта управления, совмещенное по времени с реабилитацией.

(г) В рамках «интеллектуального управления» могут применяться: углубленная статистическая обработка данных о заболевании/травме и пациенте (сейчас часто применяется термин Data Mining); данные о динамике процесса реабилитации, появлении осложнений; для «нестандартных» случаев – «деперсонализированные» компьютерные базы данных (КБД) по другим пациентам (в отношении эффективности использования различных вариантов реабилитации). В последнем случае с помощью ЭВМ может быть осуществлен автоматизированный подбор «пациентов-аналогов» по полу, возрасту, характеру заболевания/травмы, оперативным и отдаленным последствиям лечения/реабилитации КиПР и пр. Фактически такие КБД призваны отражать «коллективный опыт» специалистов-медиков, но в формализованной форме. Однако при использовании таких КБД следует учесть высокую «вариабельность» результатов для «аналогичных пациентов», что обычно отражает наличие факторов, не учтенных в таких базах в явной форме.

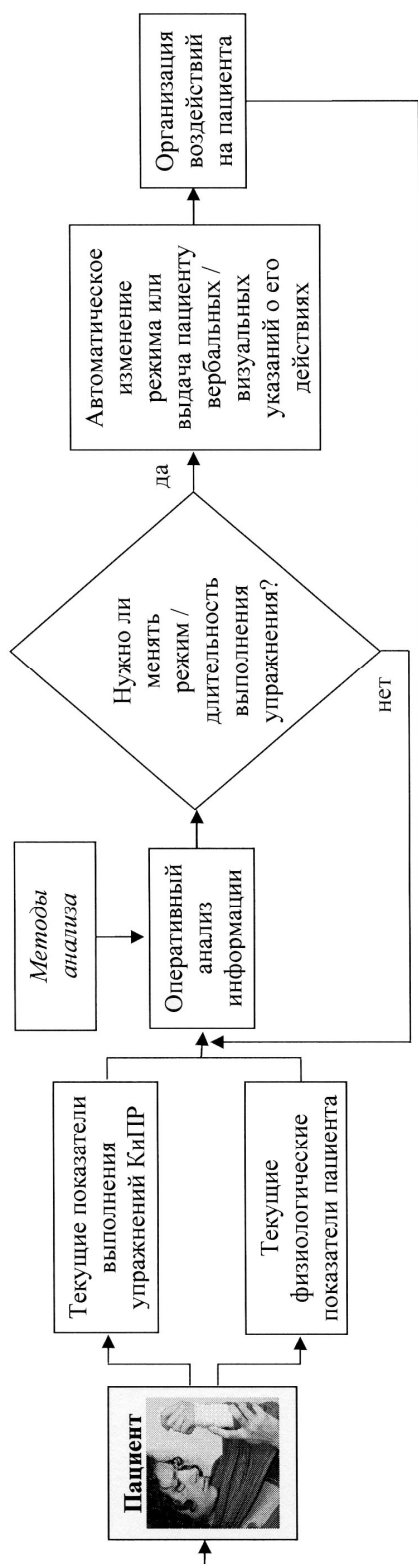


Рис. 1. Упрощенная схема динамического управления в процессе одного сеанса тренинга (реабилитации)

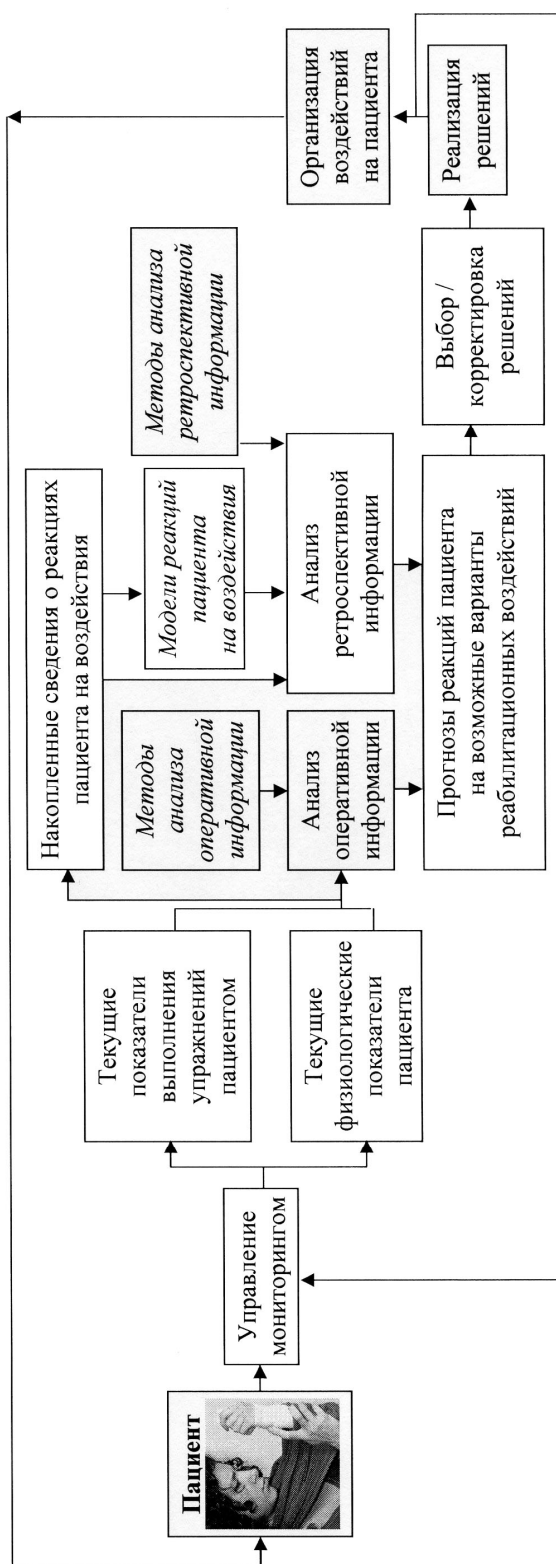


Рис. 2. Упрощенная схема адаптивного управления процессом реабилитации пациентов

При сложных заболеваниях/травмах КиПР альтернативой транспортировке пациентов в специализированные медучреждения может быть использование телемедицинских технологий для получения дистанционных консультаций высококвалифицированных специалистов-медиков (в таких сеансах могут быть «задействованы» и сами консультируемые пациенты).

Тренинговое оборудование и использование «обратных связей» при реабилитации функций КиПР. Применяемое тренинговое (реабилитационное) оборудование можно разделить на две подгруппы: дешевое (ручное) и дорогое (автоматизированное). При этом функционально-стоимостная ниша между этими двумя подгруппами фактически не заполнена. К подгруппе «дешевых» можно отнести: ручной пружинный тренажер Digi-Flex (производитель – фирма BEKA-Hospitec, Германия); стол для механотерапии верхних конечностей (фирма – BEKA-Hospitec, Германия); тренажер Handmaster Plus (производитель – GHS, США) и др. К подгруппе «дорогих» отнесем роботизированные комплексы: Amadeo System (Tyromotion, Австрия); Pablo (Tyromotion, Австрия); HandTutor (MediTouch, Израиль); ReoGo (Motorika, Израиль); ARTROMOT-F (ORMED GMBH & CO. KG, Германия). Отметим также электромеханический тренажер для сенсомоторной реабилитации парализованных пальцев [20], реабилитационные возможности некоторых компьютерных программ (в том числе в виде игр с «виртуальными» соперниками), в которых для управления объектами используется перемещение (кистью или пальцами) манипулятора. **Расчетные модели и нижестоящие «обратные связи» (ОС)** частично реализованы в некоторых «дорогих» устройствах. Они могут также применяться как дополнительные средства в существующих реабилитационных устройствах (РУ), а также в рамках самостоятельно разрабатываемых экспериментальных РУ.

Номенклатура ОС может включать в себя следующие варианты: (а) «пациент – врач»; (б) «врач – устройство и/или программа для ЭВМ»; (в) «пациент – устройство и/или программа для ЭВМ». В варианте «а» ОС может обеспечиваться за счет: визуального наблюдения врачом результатов реабилитации; вербальных контактов «пациент – врач»; инструментальных измерений средствами, не входящими в РУ. В варианте «б» программа для ЭВМ может служить «интеллектуальным посредником» между получаемыми «первичными данными» и врачом. Для варианта «в» возможны различные подварианты использования информации ОС в «онлайновом» режиме (после ее обработки): изменение тональности и/или громкости сигнала, призванного управлять действиями пациента; включение/отключение музыки как средства оповещения пациента об адекватности/неадекватности его действий; выдача пациенту голосовых указаний по ходу сеанса тренинга (синтезированный звук, выборка из компьютерной базы звукозаписей и пр.); воспроизведение голосовых комментариев поощрительного характера; выдача текстовых указаний на монитор ПЭВМ; изменение формы, цвета, скорости движения и других характеристик виртуального объекта на экране монитора, которым пациент должен управлять с помощью КиПР; использование элементов игры с «виртуальным» противником; начисление тренирующемуся бонусных баллов по ходу сеанса или за сеанс в целом и пр.

В последние годы в процессе тренинга популярным стало использование биологических ОС (БОС) в сочетании с ПЭВМ. Сигналами, снимаемыми с пациента, могут быть: ЭМГ; энцефалограмма с небольшим количеством отведений; частоты пульса и/или дыхания; измерения артериального давления осциллометрическим методом и пр. В процессе реабилитационного тренинга для пациента может ставиться задача не допускать выхода контролируемых параметров (например, частоты пульса) за заданные пределы. Это обычно означает, что пациент должен учиться выполнять движения КиПР без значительного психоэмоционального напряжения.

Методы оценки/прогноза полноты и динамики реабилитации. В общем случае после травм/заболеваний/хирургических операций восстановление моторики КиПР возмож-

но как полное, так и неполное даже за длительный период времени. Поэтому актуальны задачи оценки степени фактического восстановления моторики КиПР в ходе реабилитации и прогноза восстановления. Обычно в большинстве случаев лицо, оценивающее процесс реабилитации, не располагает количественными показателями о качестве функционирования КиПР пациента до получения травмы/начала заболевания. Немногочисленными исключениями могут быть лица, качество моторики КиПР которых систематически контролируется в силу выполнения ими специфических профессиональных обязанностей. В ряде случаев в качестве «физиологической нормы» могут быть взяты среднестатистические показатели для группы лиц соответствующего пола и возраста.

Клинические критерии: полное выздоровление, улучшение и т.д. – отражают только функциональное восстановление и характеризуют достигнутый уровень медицинской реабилитации [8]. Оценки, связанные с «улучшением» (типа «лучше – также – хуже»), можно считать соответствующими «шкале порядка». Могут использоваться и качественные оценки изменения функций КиПР по ходу реабилитации: без изменений, незначительное улучшение; умеренное; значительное; полное восстановление. Эти оценки могут быть субъективными со стороны не только пациентов, но и медработников.

Рассмотрим некоторые математические модели оценки полноты реабилитации при следующих предположениях: состояние моторики КиПР, соответствующее физиологической норме (ФН), известно и задается совокупностью N количественных показателей в виде вектора $\{X_n\}_{n=1...N}$; эти показатели отражают функционально разные характеристики КиПР; фактические значения тех же показателей в оцениваемый момент времени реабилитационного процесса известны и определяются вектором $\{Y_n\}_{n=1...N}$. Отметим, что ФН может оцениваться также с учетом долговременных последствий травмы, результатов протезирования и пр. Тогда отличие достигнутого положения по отношению к ФН может быть оценено, например, по формуле типа

$$\Delta = \left(\sum_{n=1}^N (\lambda_n |X_n - Y_n|) \right) / N, \quad (3)$$

где $\{\lambda_n\}_{n=1...N}$ – совокупность весовых коэффициентов (ВК), отражающих степени «важности» отдельных факторов (эти ВК могут быть оценены, например, экспертно). Нормировка на « N » позволяет сделать оценку Δ инвариантной по отношению к количеству показателей. В (3) значения ВК являются размерными, что можно считать определенным недостатком. Поэтому предпочтительным может быть

$$\Delta^* = \left(\sum_{n=1}^N (\lambda_n^* |(X_n - Y_n) / X_n|) \right) / N, \quad (4)$$

где все ВК – безразмерные. При этом в (3), (4) принимается линейный характер зависимости оценок Δ и Δ^* от отличий между фактическими значениями показателей и ФН.

Прогноз конечной (итоговой) полноты восстановления моторики КиПР может быть: априорным (с учетом вида травмы/заболевания, их тяжести, возраста пациента и пр.), в том числе на основе статистики аналогичных случаев; по результатам динамики восстановления показателей во времени; комбинированным. На основе прогноза может быть выработана/скорректирована тактика лечебно-реабилитационных мероприятий, сделаны оценки медико-экономической целесообразности их типов, объемов, продолжительности.

Рассмотрим модель оценки динамики восстановления моторики КиПР. Примем, что для n -ого показателя процесс восстановления (изменения во времени) описывается функцией типа

$$\{Z_n(t) = \mu_{0,n} (1 - 1/(\mu_{1,n} + \mu_{2,n} \exp(\mu_{3,n} t)))\}_{n=1...N}, \quad (5)$$

где коэффициенты $\mu_{0,n}, \mu_{1,n}, \mu_{2,n}, \mu_{3,n}$ могут быть найдены по совокупности экспериментальных данных о фактической динамике изменения n -ого параметра во времени $\{F_m\}_{m=1...M}$ (здесь M – количество экспериментальных точек по времени). Достоинства (5): асимптотический характер приближения к «итоговому» (при $t \rightarrow \infty$) значению, которое соответствует $\mu_{0,n}$; это значение может быть оценено на основе $\{F_m\}_{m=1...M}$, относящихся к раннему этапу реабилитации; возможность оценки в явной форме значения, соответствующего $t=0$ и сравнения его с фактическим; значительное количество коэффициентов обеспечивает широкие возможности «подгонки». Недостаток (5) – фактическая ориентация на постоянные во времени «реабилитационные усилия» или отсутствие реабилитационных мероприятий. Если это условие выполняется, то степень разброса экспериментальных точек по отношению к расчетным может быть оценена по критерию типа « R^2 », инвариантному по отношению к значению M . Также недостатком (5) является предположение о том, что восстановление всех показателей происходит независимо друг от друга.

При наличии наборов значений для ФН и вектора прогнозных значений $\{Z_n^*\}_{n=1...N}$, для бесконечно большого времени, прогнозная оценка полноты восстановления может быть дана по формуле, аналогичной (4)

$$\Delta^{**} = \left(\sum_{n=1}^N (\lambda_n^{**} |(X_n - Z_n^*)/X_n|) \right) / N, \quad (6)$$

причем в простейшем случае можно взять $\lambda_n^{**} = \lambda_n^*$.

Таким образом, исходя из всего вышесказанного, можно сделать следующие **выводы**.

1. Рациональное управление процессами реабилитации КиПР после заболеваний/травм должно основываться на объективной оценке показателей моторики.
2. С этой целью авторами предложены наборы показателей для кистей в целом и отдельных пальцев.
3. Описаны способы измерения/оценки этих показателей.
4. Охарактеризовано лечебное и реабилитационное оборудование, предлагаемое на рынке.
5. Предложены математические модели для оценки динамики восстановления показателей в процессе реабилитации, а также для прогнозов полноты их восстановления.

Список литературы

1. Аксенова Ю. Ю. Разработка методологии и программных средств для исследования особенностей/тренинга работы испытуемых с манипуляторами типа мышь на ПЭВМ / Ю. Ю. Аксенова, Ю. М. Брумштейн, В. Ю. Аксенов // Инновационные технологии в управлении, образовании, промышленности «Астинтех-2010»: материалы международной научной конференции. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2010. – С. 131–132.
2. Аксенова Ю. Ю. Разработка методик тестирования и тренинга мелкой моторики пальцев рук на виртуальных шаблонах траекторий / Ю. Ю. Аксенова, В. Ю. Аксенов, Ю. М. Брумштейн // Фундаментальные и прикладные исследования университетов, интеграция в региональный инновационный комплекс: международная научно-практическая конференция. 13–15 октября 2010 г. / сост. А. Д. Даудова. – Астрахань: АГМА, 2010. – Т. 5. – С. 184–189.
3. Брумштейн Ю. М. Анализ методов управления эффективностью медицинского обслуживания иностранных студентов, обучающихся в региональных российских вузах / Ю. М. Брумштейн, А. Б. Кузьмина, Ю. Ю. Аксенова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2010. – № 1 (9). – С. 95–100.
4. Брумштейн Ю. М. Исследование характеристик реакций на различные стимулы на основе движений кистей и пальцев рук / Ю. М. Брумштейн, Е. С. Травова, Ю. Ю. Аксенова, Ю. Н. Неживая, М. В. Иванова // Инфокоммуникационные технологии в инновациях, медико-биологических и техни-

ческих науках : сб. науч. трудов Пятого Междунар. науч. конгресса «Нейробиотелеком-2012». – Санкт-Петербург : Политехника, 2012. – С. 242–247.

5. Брумштейн Ю. М. О некоторых возможностях использования ПЭВМ для контроля/тренинга мелкой моторики пальцев рук и времени реакций / Ю. М. Брумштейн, Ю. Ю. Аксенова, В. Ю. Аксенов, Е. С. Вдовина // Инновационные технологии в управлении, образовании, промышленности «Астинтех-2010» : материалы международной научной конференции. – Астрахань : Издательский дом «Астраханский университет», 2010. – С. 3–4.

6. Брумштейн Ю. М. Тестирование и тренинг мелкой моторики пальцев рук на задаваемых шаблонах перемещения с использованием манипулятора мышь или джойстика / Ю. М. Брумштейн, Ю. Ю. Аксенова, В. Ю. Аксенов // Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине-2010 : материалы ежегодн. Всерос. школы-семинара / под ред. проф. Д. А. Усанова. – Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2010. – С. 133–136.

7. Валеев Н. М. Реабилитация спортсменов игровых видов спорта с травмами кисти и запястья на этапе медицинской реабилитации / Н. М. Валеев, О. А. Белова // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2009. – № 3. – С. 38–40.

8. ГОСТ Р 52877-2007. Услуги по медицинской реабилитации инвалидов. Основные положения. – Москва : Стандартинформ, 2008.

9. Гуськова Н. И. Анализ методов мониторинга, оценки и управления качеством медицинской помощи населению в городских поликлиниках общего профиля по месту жительства / Н. И. Гуськова, Ю. М. Брумштейн, Е. И. Минакова, Е. А. Рыжова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – Астрахань, 2008. – № 3. – С. 73–78.

10. Иваненко А. Б. Хирургическая реабилитация больных с костно-суставной патологией пальцев и кисти / А. Б. Иваненко, А. В. Коннычев, К. В. Кокорин // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 7. – С. 37.

11. Каптелин А. Ф. Восстановительное лечение при травмах и деформациях опорно-двигательного аппарата / А. Ф. Каптелин. – Москва : Медицина, 1969. – 400 с.

12. Новиков А. В. Методологические основы составления программ реабилитации при повреждениях и заболеваниях кисти / А. В. Новиков // Вопросы травматологии и ортопедии. – 2012. – № 3. – С. 28–34.

13. Новиков А. В. О критериях оценки эффективности реабилитации больных с патологией кисти / А. В. Новиков, М. А. Щедрина // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2007. – № 1. – С. 78–83.

14. Новиков А. В. Оценка качества жизни в процессе реабилитации больных с патологией кисти / А. В. Новиков, М. А. Щедрина, А. Н. Белова // Медико-социальная экспертиза и реабилитация. – 2004. – № 1. – С. 14–17.

15. Об обязательном медицинском страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний. ФЗ № 125 от 24.07.1998 (в ред. от 29.02.2012 по 16-ФЗ).

16. Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации. ФЗ-323 от 21.11.2011 (в ред. от 25.06.2012 по 93-ФЗ).

17. Режим доступа: <http://reabilitaciya.org/osnovy/86-opredelenie-ponyatiya-reabilitaciya.html> (дата обращения 15.06.2013), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.

18. Усольцева Е. В. Хирургия заболеваний и повреждений кисти / Е. В. Усольцева, К. И. Машкара. – Москва : Медицина, 1978. – 338 с.

19. Cornell S. A. Systems Approach to Nursing Care Plans / S. A. Cornell, F. Brush // American journal of nursing. – 1971. – July. – Vol. 71, issue 7. – P. 1293–1478.

20. Hesse S. A new electromechanical trainer for sensormotoric rehabilitation of paralysed fingers: A case series in chronic and acute stroke patients / S. Hesse, H. Kuhlmann, J. Wilk, C. Tomelleri, S. GB. Kirker // Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. – 2008. – Vol. 5. – P. 21. – Available at: <http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1743-0003-5-21.pdf> (accessed 15 June 2013).

21. Sagiv P. Rehabilitation process and functional results of patients with amputated fingers / P. Sagiv, S. Shabat, M. Mann, H. Ashur, M. Nyska // Plastic and Reconstructive Surgery. – 2002. – Vol. 110 (2). – P. 497–503.

22. William Prentice. Techniques of musculoskeletal rehabilitation / William Prentice. – France : Lavoisier Librairie, 2001. – 624 p.

References

1. Aksenova Yu. Yu., Brumshteyn Yu. M., Aksenov V. Yu. Razrabotka metodologii i programmnykh sredstv dlya issledovaniya osobennostey/treninga raboty ispytuemykh s manipulyatorami tipa mysh na PEVM [Development of methodology and software for research of features/training of work of examinees with mouse manipulators on PC]. *Innovatsionnye tekhnologii v upravlenii, obrazovanii, promyshlennosti «Astintekh-2010»: materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Innovative technologies in management, education, industry "Astintekh-2010": Proceedings of the International Scientific Conference]. Astrakhan, Publishing House "Astrakhan University", 2010, pp. 131–132.
2. Aksenova Yu. Yu., Aksenov V. Yu., Brumshteyn Yu. M. Razrabotka metodik testirovaniya i treninga melkoy motoriki paltsev ruk na virtualnykh shablonakh traektoriy [Development of techniques of testing and training of small motility of fingers of hands on virtual templates of trajectories]. *Fundamentalnye i prikladnye issledovaniya universitetov, integratsiya v regionalnyy innovatsionnyy kompleks: mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya* [Basic and applied researches of universities, integration into regional innovative complex: International Scientific and Practical Conference], 13–15 October 2010. Astrakhan, Astrakhan State Medical Academy, 2010, vol. 5, pp. 184–189.
3. Brumshteyn Yu. M., Kuzmina A. B., Aksenova Yu. Yu. Analiz metodov upravleniya effektivnostyu meditsinskogo obsluzhivaniya inostrannykh studentov, obuchayushchikhsya v regionalnykh rossiyskikh vuzakh [The analysis of methods of management of efficiency of medical care of the foreign students who are training in regional Russian higher education institutions]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2010, no. 1 (9), pp. 95–100.
4. Brumshteyn Yu. M., Travova Ye. S., Aksenova Yu. Yu., Nezhivaya Yu. N., Ivanova M. V. Issledovanie kharakteristik reaktsiy na razlichnye stimuly na osnove dvizheniy kistei i paltsev ruk [Research of characteristics of reactions to various incentives on the basis of movements of hands and fingers]. *Infokommunikatsionnye tekhnologii v innovatsiyakh, mediko-biologicheskikh i tekhnicheskikh naukakh : sb. nauch. trudov Pyatogo Mezhdunarodnogo nauchnogo kongressa «Neurobiotelekom-2012»* [Infocommunication technologies in innovations, medicobiological and technical science: Proceedings of the Fifth International Scientific Congress "Neurobiotelecom-2012"]. Saint Petersburg, 2012, pp. 242–247.
5. Brumshteyn Yu. M., Aksenova Yu. Yu., Aksenov V. Yu., Vdovina Ye. S. O nekotorykh vozmozhnostyakh ispolzovaniya PEVM dlya kontrolya/treninga melkoy motoriki paltsev ruk i vremeni reaktsiy [On some opportunities of use of PC for control/training of small motility of fingers of hands and time of reactions]. *Innovatsionnye tekhnologii v upravlenii, obrazovanii, promyshlennosti «Astintekh-2010»: materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Innovative technologies in management, education, industry "Astintekh-2010": Proceedings of the International Scientific Conference]. Astrakhan, Publishing House "Astrakhan University", 2010, pp. 3–4.
6. Brumshteyn Yu. M., Aksenova Yu. Yu., Aksenov V. Yu. Testirovanie i trening melkoy motoriki paltsev ruk na zadavayemykh shablonakh peremeshcheniya s ispolzovaniem manipulyatora mysh ili dzhoystika [Testing and training of a small motility of fingers of hands on set templates of movement with the use of mouse or joystick]. *Metody kompyuternoy diagnostiki v biologii i meditsine-2010 : materialy ezhegodnoy vsrossiyskoy shkoly-seminara* [Methods of computer diagnostics in biology and medicine-2010: Proceedings of Annual All-Russian School-Seminars]. Saratov, Saratov University Publ. House, 2010, pp. 133–136.
7. Valeev N. M., Belova O. A. Reabilitatsiya sportsmenov igrovyykh vidov sporta s travmami kisti i zapyasty na etape meditsinskoy reabilitatsii [Rehabilitation of athletes of game kinds of sports with hand and wrist traumas at the stage of medical rehabilitation]. *Lechebnaya fizkultura i sportivnaya meditsina* [Exercise therapy and sports medicine], 2009, no. 3, pp. 38–40.
8. GOST P 52877-2007. Service on medical rehabilitation of invalids. Basic rules. Moscow, Standardinform, 2008.
9. Guskova N. I., Brumshteyn Yu. M., Minakova Ye. I., Ryzhova Ye. A. Analiz metodov monitoringa, otsenki i upravleniya kachestvom meditsinskoy pomoshchi naseleniyu v gorodskikh poliklinikakh obshchego profilya po mestu zhitelstva [The analysis of methods of monitoring, assessment and quality management of medical care to the population in city polyclinics of the general profile in a residence]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies]. Astrakhan, 2008, no. 3, pp. 73–78.
10. Ivanenko A. B., Konychev A. V., Kokorin K. V. Khirurgicheskaya reabilitatsiya bolnykh s kostno-sustavnoy patologiyey paltsev i kisti [Surgical rehabilitation of patients with bone and articulate pa-

thology of fingers and hands]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Modern Natural Science Reviews], 2007, no. 7, p. 37.

11. Kaptelin A. F. *Vosstanovitelnoe lechenie pri travmakh i deformatsiyakh oporno-dvigatel'nogo apparata* [Recovery treatment at traumas and deformations of the musculoskeletal system]. Moscow, Medicine, 1969. 400 p.

12. Novikov A. V. Metodologicheskie osnovy sostavleniya programm reabilitatsii pri povrezhdeniyakh i zabolevaniyakh kisti [Methodological bases of drawing up programs of rehabilitation at damages and hand diseases]. *Voprosy travmatologii i ortopedii* [Journal of Traumatology and Orthopedics], 2012, no. 3, pp. 28–34.

13. Novikov A. V., Shchedrina M. A. O kriteriyakh otsenki effektivnosti reabilitatsii bolnykh s patologiyey kisti [On criteria of assessment of efficiency of rehabilitation of patients with hand pathology]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova* [Vestnik Traumatologii i Ortopedii Imeni N.N. Priorova], 2007, no. 1, pp. 78–83.

14. Novikov A. V., Shchedrina M. A., Belova A. N. Otsenka kachestva zhizni v protsesse reabilitatsii bolnykh s patologiyey kisti [Assessment of life quality in the course of rehabilitation of patients with hand pathology]. *Mediko-sotsialnaya ekspertiza i reabilitatsiya* [Medical and Social Examination and Rehabilitation], 2004, no. 1, pp. 14–17.

15. On obligatory medical insurance upon occupational accidents and occupational diseases. Federal Law no. 125, 24 July, 1998 (in edition of 29.02.2012 on 16-FZ)

16. About bases of health protection of citizens in the Russian Federation. FZ-323 of 21.11.2011 (in an edition of 25.06.2012 by 93-FL).

17. Available at: <http://reabilitaciya.org/osnovy/86-opredelenie-ponyatiya-reabilitaciya.html> (accessed 15 June 2013).

18. Usoltseva Ye. V., Mashkara K. I. *Khirurgiya zabolevaniy i povrezhdeniy kisti* [Surgical Treatment of hand diseases and damages]. Moscow, Medicine, 1978. 338 p.

19. Cornell S. A., Brush F. System Approach to Nursing Care Plans. *American journal of nursing*, 1971, July, vol. 71, issue 7, pp. 1293–1478.

20. Hesse S., Kuhlmann H., Wilk J., Tomelleri C., Kirker S. GB. A new electromechanical trainer for sensomorphical rehabilitation of paralyzed fingers: A case series in chronic and acute stroke patients. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2008, vol. 5, p. 21. Available at: <http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1743-0003-5-21.pdf> (accessed 15 June 2013).

21. Sagiv P., Shabat S., Mann M., Ashur H., Nyska M. Rehabilitation process and functional results of patients with amputated fingers. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 2002, vol. 110 (2), pp. 497–503.

22. William Prentice. *Techniques of musculoskeletal rehabilitation*. France, Lavoisier Librairie, 2001. 624 p.