

УДК 539.3/617.576.5

Л. Ю. Науменко<sup>1</sup>, д-р мед. наук,  
Д. А. Бондарук<sup>2</sup>, канд. мед. наук, О. В. Погребной<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ГУ «Днепропетровская медицинская академия МЗ Украины»,

<sup>2</sup> ГУ «УкрГосНИИМСПИ МЗ Украины»,

<sup>3</sup> Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

## АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОДВИЖНОСТИ БИОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Изучается проблема восстановления объёма движения биомеханической системы, а именно пальцев кисти, в условиях применения реабилитационных мероприятий. Разработанный способ оценки функциональных показателей кисти позволяет провести количественный анализ исходных данных и проследить динамику восстановления, как отдельных параметров, так и суммарных функциональных возможностей поврежденного пальца. Анализ динамики восстановления функции пальцев после проведенных мероприятий выявил значительное увеличение функционального диапазона.

**Ключевые слова:** биомеханическая система, повреждения сухожилий пальцев кисти, реабилитационные мероприятия, отбраковка промахов измерений, анализ динамики подвижности пальцев.

**Введение.** Проблема лечения больных с повреждениями и заболеваниями кисти по своей сложности и количеству задач была и есть одной из ведущих в травматологии и ортопедии. Результаты реконструктивных оперативных вмешательств в силу особенностей анатомии этой зоны не всегда удовлетворяют хирургов, а в застарелых случаях изучены недостаточно. Восстановление функции после травм разнообразных анатомических структур кисти является далеко не решенной задачей. Одной из сложных областей хирургии кисти является лечение больных с повреждениями разгибательного аппарата пальцев. О проблемности вопроса свидетельствует высокий уровень неудовлетворительных результатов лечения этой категории больных, которые в некоторых случаях достигают 50% [1; 2]. Отметим также, что использование в столь сложной области математических методов, пакетов прикладных программ и современной вычислительной техники позволяет значительно облегчить анализ данных, а применение новых подходов к исследуемым проблемам - также надеяться на получение новых результатов.

**Цель работы.** Изучение эффективности реабилитационных мероприятий у больных с отдаленными последствиями повреждения разгибательного аппарата пальцев кистей путем анализа динамики восстановления функциональных показателей кисти с использованием разработанного способа анализа исходных данных и оценки параметров объёма движения пальцев кисти как биомеханической системы.

**Материал и методы.** В клинике ГУ «Украинского государственного НИИ медико-социальных проблем инвалидности МЗО Украины» проведено лечение 105 пациентов с застарелыми повреждениями сухожилий разгибателей пальцев кистей. Согласно 4-х зонального разделения разгибательного аппарата, все больные распределены на 4 клинические группы, в зависимости от уровня повреждения. В 75 случаях было проведено оперативное лечение с последующими восстановительными мероприятиями, а еще 30 больным, которые от оперативных вмешательств воздержались, проведено физио-функциональное (консервативное) лечение (табл. 1).

Таблиця 1. Распределение больных по клиническим группам и видам лечения

Лечение \ Группа	Группа				Всего	
	I	II	III	IV		
Оперативное	13	27	12	23	75	71,4%
Консервативное	–	11	7	12	30	28,6%
Всего	13	38	19	35	105	100%
	12,4%	36,2%	18,1%	33,3%		

Сроки обращения за медицинской помощью в клинику от момента получения травмы колебались в пределах от 3 недель до 37 месяцев, таким образом, все рассматриваемые случаи были отнесены к застарелым (рис. 1).

Минимальный срок обращения за медицинской помощью в клинику составлял 3 недели: 3, 2, 1 и 2 случая для групп I-IV соответственно. Самые отдаленные случаи представлены (в годах!): 31, 24 в II гр.; 28, 24 в III гр.; 27, 20, 32 и 28 в III гр. Для большинства же случаев срок давности не превышал 2 года. Наличие столь отдаленно расположенных во времени случаев значительно затрудняло анализ результатов лечения в основном временном диапазоне.

Поэтому предложено использовать широко известный способ отсеивания промахов (отбраковки явно неверных измерений), применяющийся при анализе экспериментальных данных – правило 3-сигма [3]. В данном случае подразумевается не различное отношение к больным, а лишь использование формальной процедуры анализа числовых данных, с целью улучшения визуализации и выявления характерных тенденций (построение линий тренда) в основном временном диапазоне. Последовательное применение этого правила привело к отсеиванию ряда наиболее отстоящих данных (4 значения) и сократить временной диапазон до 180 месяцев (15 лет). При этом у оставшихся самых «возрастных» больных (от 36 до 180 мес., всего 12 чел.) использовалось только консервативное лечение. Таким образом, временной диапазон, на котором можно исследовать особенности динамики восстановления двигательных функций для оперативного способа лечения составил от 0.75 мес. до 24 мес.

На рис. 1 представлены данные о количестве больных, поступивших в клинику института в определенный срок после полученной травмы.

Для оценки эффективности проведенных реабилитационных мероприятий прослежена динамика восстановления функции суставов пальцев кисти в ближайшие и отдаленные сроки после проведенного лечения. Функциональное состояние суставов вовлеченных в патологический процесс пальцев оценивалось на момент поступления в стационар, а также в сроки 3 месяца, 12 и более месяцев после проведенного лечения.

Учитывая многообразие вариантов деформаций пальцев при последствиях повреждения разгибательного и, как следствие этого, затруднения при проведении сравнительного анализа полученных результатов, нами был проведен перерасчет гониометрических (угловых) измерений в процентные показатели от должноствующего (анатомического) объема движений для каждого сустава. Данные измерений для больных с равным сроком давности травмы усреднялись (рис. 2).

Усредненные, при совпадающих сроках давности травмы, значения амплитуды движения для разгибания и сгибания обозначены кружками и квадратами со-

ответственно. Полученные данные аппроксимированы линейными уравнениями. Таким образом, объем движений находится в пределах между пунктирной (сгибание в суставе) и сплошной (разгибание в суставе) линиями аппроксимации и составляет амплитуду движения, выражаемую в процентах. Ниже пунктирной линии расположена зона ограничения сгибания, а выше сплошной линии – разгибания (дефициты сгибания и разгибания).

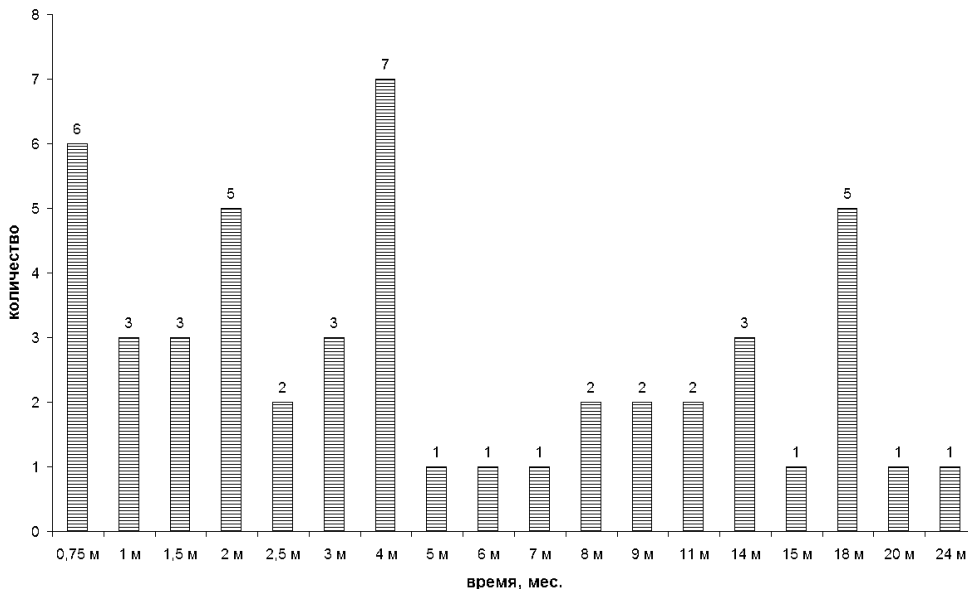


Рис. 1. - Распределение больных по срокам обращения в клинику

На рис. 2 очевидна тенденция смещения диапазона движений в сторону разгибания: линии тренда (сплошная и пунктирная) практически параллельны.

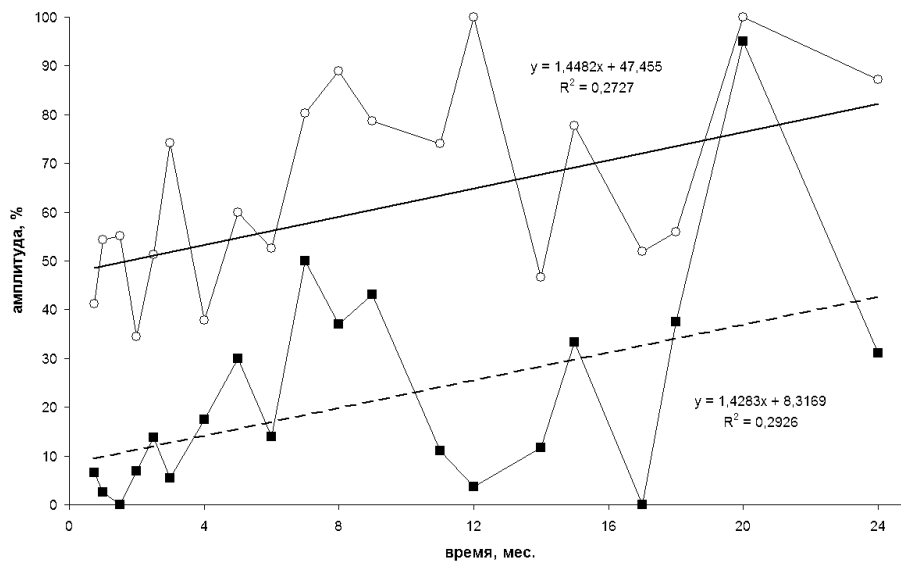


Рис. 2. – Исходная амплитуда движений в зависимости от давности травмы

Таким образом, среди больных, обратившихся в более ранние сроки после полученной травмы, в большей степени страдала разгибательная функция, преоб-

ладали сгибательные установки пальцев. В более поздние сроки, согласно представленному графику, функциональный дефицит разгибания был менее выражен, вместе с тем имело место более значительное нарушение сгибательной функции. Это объясняется тем, что большей части пациентов, обратившихся на лечение в клинику института в более поздние сроки, на первичных этапах медицинской помощи проводилось восстановление целостности разгибательного аппарата. Однако, в силу тех или иных причин (тяжесть травмы, погрешности иммобилизации, недостаточная по объему и интенсивности функциональная реабилитация в послеоперационном периоде) динамические свойства сухожилий не были восстановлены, что в свою очередь привело к выраженному рубцово-спаечному процессу и формированию разгибательных установок пальцев.

В контрольный срок 3 месяца после проведенного лечения были отмечены существенные отличия в функциональных показателях суставов пальцев в сравнении с исходным диапазоном движений (рис. 3, здесь и далее обозначения прямых на рисунке соответствуют обозначениям на рис. 2).

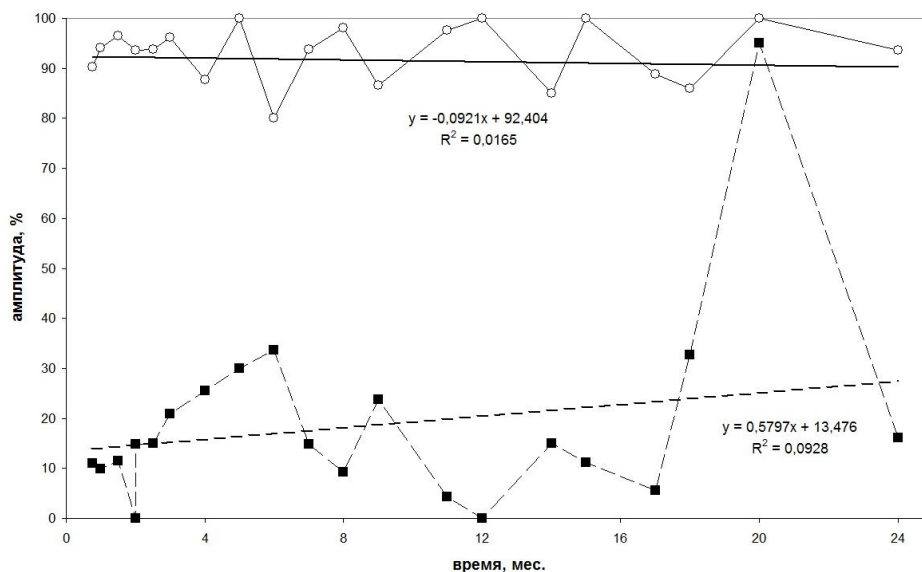
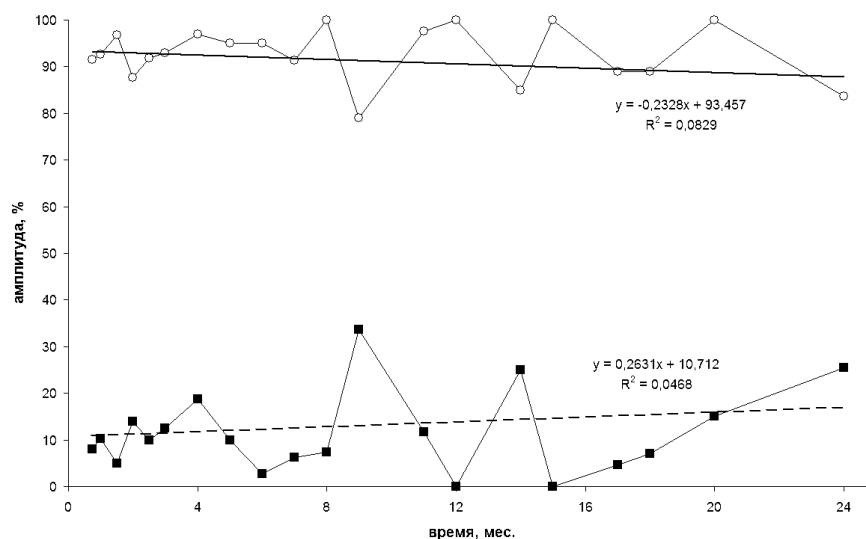


Рис. 3. – Амплитуда движений в зависимости от давности травмы в контрольный срок 3 месяца после начала лечения

Дифференцированный подход при выборе тактики оперативной коррекции теногенных деформаций и последующее этапное физио-функциональное лечение позволило значительно (до 45% для ранних обращений) улучшить функцию разгибания без существенной зависимости от давности полученной травмы. Дефицит сгибательной функции устранен несколько в меньшей степени, однако амплитуда движений значительно увеличилась и реализовывалась в пределах функционально выгодного диапазона. Как видно из рис. 3, имела место зависимость степени восстановления функции от времени обращения в клинику. Сектор реализованной функции движения (сгибание - разгибание), находящийся между пунктирной и сплошной линиями тренда, по мере увеличения сроков обращения сужается. В более поздние сроки обращения остаточный функциональный дефицит превышал таковой при более ранних обращениях.

В контрольный срок 12 и более месяцев с момента начала лечения функцио-

нальные показатели суставов пальцев кисти изменились незначительно, также сохранялись и тенденции функционального дефицита в зависимости от сроков обращения (некоторое сужение объёма двигательной функции при увеличении срока обращения), которые прослеживались в 3-х месячный контрольный срок (рис. 4).

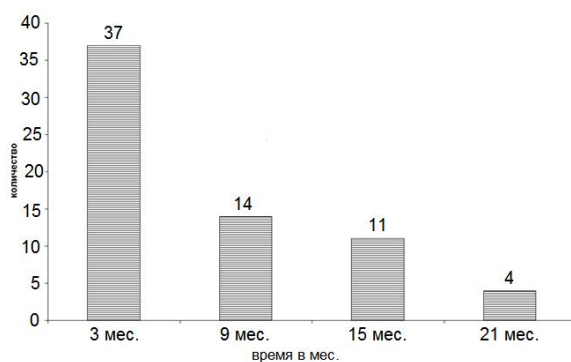


**Рис. 4.** – Амплітуда рухів в залежності від давності травми в контрольний термін 12 і більше місяців після початку лікування

Рис. 3 і рис. 4 демонструють схожість тенденцій: зменшення кута сгибания при незначительном изменении угла разгибания и, как следствие, сужение диапазона движения.

Вместе с тем в сроки 5, 6, 7, 15 и 20 мес. после травмы в клинику обратилось по 1 больному. Данные для 2,5, 8, 9 и 11 мес. вычислялись на основании результатов обследования 2 больных. То есть, исходные данные для перечисленных 9 значений времени недостаточны для получения надежных результатов. Остальные 13 значений времени вычислялись на основании усреднения 3 и более измерений.

Учитывая недостаточность исходных данных для перечисленных выше 9 сроков давности травмы, проведено разделение всего временного диапазона на 6-ти месячные интервалы, то есть, построен равноинтервальный частотный ряд. Распределение больных по 6-ти месячным интервалам представлено на рис. 5.



**Рис. 5.** – Розподіл пацієнтів за шістьма місячними інтервалами

Данные обследования больных, сгруппированы в 6-ти месячные интервалы, пересчитаны в амплитуду движения, результаты приведены на рис. 6 – рис. 8.

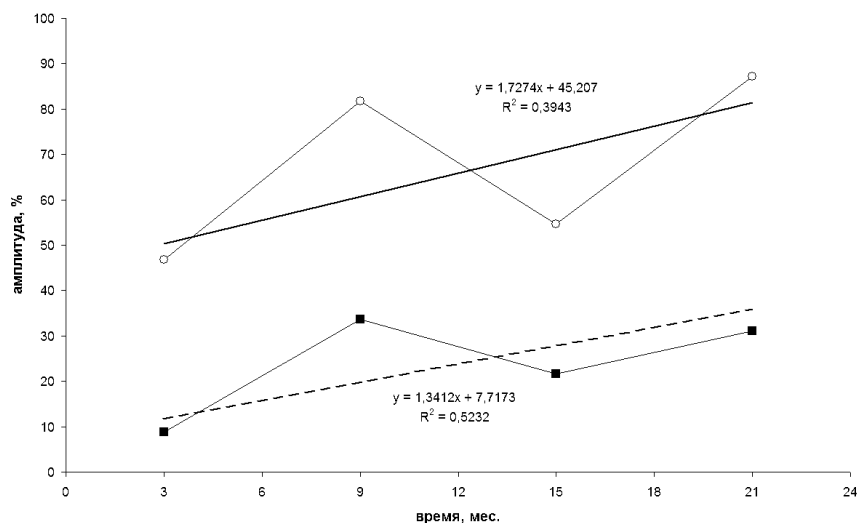


Рис. 6. – Исходная амплитуда движений в зависимости от давности травмы при группировке больных в 6-ти месячные интервалы

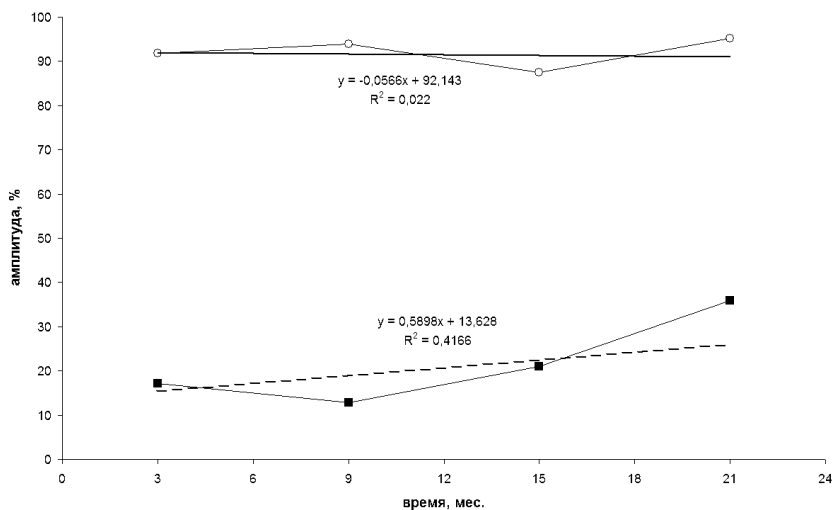
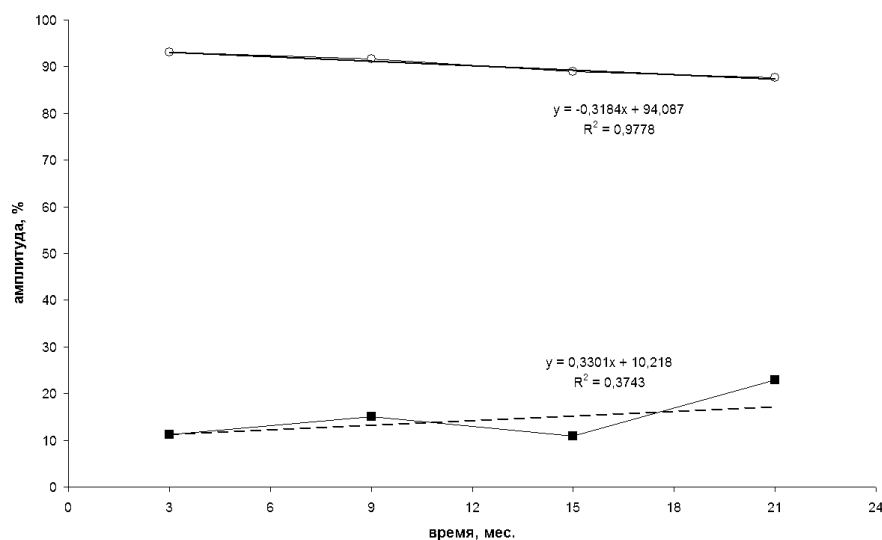


Рис. 7. – Амплитуда движений в зависимости от давности травмы при группировке больных в 6-ти месячные интервалы (контрольный срок 3 мес.)

Сравнение результатов анализа данных, усредненных для каждого конкретного срока давности травмы (рис. 2 – рис. 4) с результатами данных, усредненных по 6-ти месячным интервалам (рис. 6 – рис. 8) позволяет обнаружить аналогичные тенденции для соответствующих периодов обследования. Сужение диапазона движений через 3 мес. и 12 и более мес. присутствуют при обоих вариантах анализа.

Следовательно, возможно использование предложенного метода при вычислениях для конкретных сроков давности травмы, так и при разделении всего временного диапазона на периоды. При этом отсутствие скачков позволяет легче увидеть тенденции в их расположении данных.



**Рис. 8.** – Амплітуда рухів в залежності від давності травми при групуванні хворих в 6-ти місячні інтервали (контрольний термін 12 мес.)

Таким чином, запропонований підхід до аналізу динаміки подвижності біомеханічної системи складається в послідовному застосуванні наступних процедур.

1. Застосування правила 3-сигма дозволяє відсіяти дані, ускладнюючі їх аналіз і візуалізацію.

2. Перерахунок гоніометричних вимірювань (в градусах) в частку анатомічної функції дозволяє аналізувати дані чотирьох груп як єдиний масив даних.

3. Побудова рівноінтервального частотного ряду і його аналіз для отримання статистично значимих оцінок.

Відзначимо можливість застосування кожної з перерахованих процедур окремо.

**Висновки.** Розроблений спосіб оцінки функціональних показників кисті дозволив провести кількісний аналіз вихідних даних і прослідкувати динаміку відновлення як окремих параметрів, так і сумарних функціональних можливостей пошкодженого пальця.

Аналіз динаміки відновлення функції пальців після проведеного лікування виявив значне збільшення функціонального діапазону, який має тенденцію до звуження при більш пізньому зверненні постраждалих, а також стійкість функціонального ефекту проведених функціональних заходів, як в найближчі, так і в віддалені терміни.

### Бібліографічні посилання

1. **Науменко Л. Ю.** Реконструкція кисті і пальців при травматичних дефектах / Ю. Ю. Колонтай, Л. Ю. Науменко, Ф. А. Милославський, Н. Д. Головаха // Хірургія пошкоджень кисті: Монографія. – Д.: Пороги, 1997. – 460 с.
2. **Погребняк Д. А.** Медичинська реабілітація пацієнтів з посттравматичними контрактурами і деформаціями кисті / Д. А. Погребняк, В. П. Дейкало, Б. Панкапілли // Матеріали VI з'їзду травматологів-ортопедів. – Витебськ. – 2003. – С. 368.

3. **Третьяк Л. Н.** Обработка результатов наблюдений: Учебное пособие / Л. Н. Третьяк – Оренбург: Изд-во ГОУ ОГУ, 2004. - 171 с.

Надійшла до редколегії 25.03.2017

УДК 539.3/617.576.5

**Л. Ю. Науменко**<sup>1</sup>, д-р мед. наук,  
**Д. А. Бондарук**<sup>2</sup>, канд. мед. наук, **О. В. Погрібний**<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ГУ «Дніпропетровська медична академія МЗ України»,

<sup>2</sup> ГУ «УкрГосНИИМСПИ МЗ України»,

<sup>3</sup> Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара,  
Дніпро, Україна

### **АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ВСТАНОВЛЕННЯ РУХОМОСТІ БІОМЕХАНИЧНОЇ СИСТЕМИ В УМОВАХ ЗАСТОСУВАННЯ РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ**

Вивчається проблема встановлення об'єму рухомості біомеханічної системи, тобто пальців кисті, в умовах застосування реабілітаційних засобів. Розроблений спосіб оцінювання функціональних показників кисті дозволив провести кількісний аналіз даних та простежити динаміку встановлення як окремих параметрів, так і сумарних функціональних можливостей пошкодженого пальця. Аналіз динаміки встановлення функції пальців після проведених засобів показав значне збільшення функціонального діапазону.

**Ключові слова:** біомеханічна система, пошкодження сухожилків пальців кисті, реабілітаційні засоби, відбраковка промахів вимірювань, аналіз динаміки рухомості пальців.

UDC 539.3/617.576.5

### **ANALYSIS OF MOBILITY RECOVER DYNAMICS OF BIOMECHANICAL SYSTEM IN TERMS OF REHABILITATION ACTIONS USAGE**

**L. Yu. Naymenko**<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Med.),  
**D. A. Bondaruk**<sup>2</sup> PhD (Tech.), **O. V. Pogrebnoy**<sup>3</sup>

<sup>1</sup> SI «Dnepropetrovsk medical academy MH of Ukraine»,

<sup>2</sup> SI «UkrGosNIIMSPI MH of Ukraine»,

<sup>3</sup> Oles Honchar Dnepropetrovsk National University,  
Dnipro, Ukraine

The problem of mobility recover of biomechanical system is studied. The damaged wrist digits are considered as the biomechanical system that is in terms of rehabilitation actions. The especial method was developed for the estimation of wrist functional parameters. By the use of it the data numerical analysis was fulfilled and the rehabilitation dynamics not only of several parameters but also of the functional possibility summary of damaged digit was studied. The essential enlargement of functional range was discovered after rehabilitation action usage by means of the digit recover function dynamic analysis.

**Keywords:** biomechanical system, damages of wrist digit tendons, rehabilitation actions, screening of bad measurements, analysis of digit mobility dynamics.

The treatment of the patients with wrist damages and deceases is one of the most complicated problem in traumatology and orthopedics. The results of reconstructive oper-



ations in view of the anatomical particularity of this area are not often satisfactory and in chronic cases was studied insufficient. One of the complicated problem of the wrist surgery is the treatment of patients with digit extensor damages. The problem complexity is obvious from the high quantity of insufficient results that amounts to 50% [1; 2]. Note that usage in such complex area the mathematical methods and computers allow to simplify the data mining and usage of new approaches permits to expect receiving the new results.

The aim is studying of rehabilitation action efficiency of patients with chronic consequences of digit extensor damages. This can be achieved by means of the analysis of rehabilitation dynamics of the wrist functional parameters with the use of proposed approach to initial data mining and motion parameter estimation as biomechanical system.

The presented approach to the dynamics moving analysis of biological system consists in sequential usage of the next actions.

1. 3-sigma rule usage for screening the bad measurements.
2. Recalculation of angle measurements (in degrees) to anatomic function percentage for the possibility to analyse in common the data of different patient groups.
3. The frequency histogram with equal intervals creation to achieve the statistically significant estimations.

Note the possibility to use each of listed action separately.

**Conclusions.** Proposed approach for estimation of wrist functional parameters gave the opportunity to fulfill the quantitative analysis of initial data and to reveal the rehabilitation dynamics of several parameters as well as functional possibility summary of damaged digit.

The analysis of rehabilitation dynamics of digit function after medical treatment reveals a considerable enlargement of functional range. The range has the tendency to contraction with more late treatment and the functional effect stability for rehabilitation action in immediate as well as remote terms.

## References

1. **Naumenko L. Yu.** Reconstruction of hand and digits under traumatical defects / U. U. Kolontaj, L. Yu. Naumenko, F. A. Miloslavskij, N. D. Golovakha Surgery of hand damages: Monography. – Dnipropetrovsk: Porogy, 1997. – 460 p. (in Russian).
2. **Pogrebniak D. A.** Medical rehabilitation of patients with posttraumatic contracturas and wrist deformations / D. A. Pogrebniak, V. P. Deykalo, B. Pankappilli // Materials of IV congress of traumathologists and orthopedists. – Vitebsk, 2003. – P. 368. (in Russian).
3. **Tretiyak L. N.** Processing of measurement results. Handbook / L. N. Tretiyak. – Orenburg: GOU OGU, 2004. – 171 p. (in Russian).