

УДК 531/534:57+612.7

## СТРУКТУРА ДВИГАТЕЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ И ИХ ДИНАМИКА В ПРОЦЕССЕ РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ С ПАТОЛОГИЕЙ КИСТИ

А.В. Новиков, Л.П. Максимова, Ю.В. Радау

Нижегородский НИИ травматологии и ортопедии, 603155, Россия, г. Нижний Новгород, В.-Волжская наб., д. 18, e-mail: maximova@niiito.sci-nnov.ru

**Аннотация.** В процессе реабилитации больных с различной патологией кисти необходимо выявить структуру двигательных нарушений, включая амплитуду движений, силу и выносливость, скоростные и координационные параметры кисти. Динамика изменений биомеханических показателей изучалась для определения адекватной направленности кинезитерапии для больных с переломами трубчатых костей кисти, травмами сухожилий разгибателей и сгибателей пальцев, тяжелыми сочетанными травмами, контрактурой Дюпюитрена.

**Ключевые слова:** повреждения кисти, биомеханические методы, структура двигательных нарушений.

Для определения адекватной направленности кинезитерапии нами была изучена динамика структуры двигательных нарушений в процессе реабилитации 72 больных с различной патологией кисти. В структуре двигательных нарушений нами изучались амплитудные, силовые, скоростные, координационные параметры, показатели выносливости, определяемые с помощью биомеханических методов обследования.

Измерение амплитуды активных движений в лучезапястном суставе и суставах пальцев проводили с помощью стандартного пальцевого гониометра по *SFTR* – методике [1]. Рассчитывали суммарный объем активных движений (ОАД) в дистальном, проксимальном направлениях межфаланговых и пястно-фаланговых суставах всех пальцев.

По данным компьютерной динамометрии, которая проводилась с использованием программно-аппаратного комплекса НОКП НППИ–ННИИТО [2, 3], определяли силовые, скоростные параметры и показатели выносливости:

- максимальную мышечную силу кисти (в Ньютонах) при выполнении цилиндрического захвата;
- максимальную мышечную силу пальцев (в Ньютонах) при выполнении ладонного захвата;
- максимальную скорость сокращения (МСС) в Н/с;
- максимальную скорость расслабления (МСП) в Н/с;
- отношение МСС к МСП (как показатель, отражающий состояние тонуса мышц);
- выносливость к 50%-й статической нагрузке (Н·с).

Для оценки координации использовали модифицированный «*Nine Hole Peg Test*» [4] и стандартное отклонение при воспроизведении заданного мышечного усилия.

По абсолютным значениям биомеханических параметров рассчитывали относительные показатели:

1.  $R$  – отношение абсолютных показателей биомеханики пораженной кисти ( $P$ ) к норме ( $N$ ):

$$R = \frac{P}{N} 100\% .$$

Для определения нормальных биомеханических параметров (табл. 1) нами предварительно было обследовано 50 практически здоровых лиц (25 мужчин и 25 женщин) в возрасте от 18 до 55 лет.

2.  $KД$  – коэффициент динамики, отражающий прирост каждого параметра на разных этапах реабилитации:

Таблица 1

Биомеханические показатели ( $M \pm m$ ) кисти у здоровых лиц

Показатели	Мужчины ( $n=25$ )	Женщины ( $n=25$ )	$P$
Суммарный объем активных движений (ОАД) в суставах пальцев (градусы)	1470°	1470°	>0,05
Максимальная мышечная сила кисти при цилиндрическом захвате (Н)	445,0±10,0	259,0±7,0	<0,005
Максимальная скорость сокращения (Н/с)	906,0±41,0	501,0±24,0	<0,005
Максимальная скорость расслабления (Н/с)	1133,0±39,0	674,0±34,0	<0,005
МСС/МСП	0,80±0,12	0,74±0,15	>0,05
Выносливость к статической нагрузке (Н·с)	11512,0±452,0	5954,0±381,0	<0,005
Стандартное отклонение при воспроизведении заданного мышечного усилия	16,0±1,0	15,0±1,0	<0,005
Максимальная сила ладонного захвата (Н):			
I-II пальцами	134,0±3,0	83,0±2,0	<0,005
I-III пальцами	114,0±3,0	72,0±2,0	<0,005
I-IV пальцами	95,0±3,0	58,0±2,0	<0,005
I-V пальцами	73,0±2,0	43,0±2,0	<0,005
Координационный тест (секунды)	17,7±1,5	18,9±1,4	>0,05

$$КД = \frac{P_2 - P_1}{P_1} 100\%,$$

где  $P_1$  – исходное значение параметра;  $P_2$  – значение параметра в динамике реабилитации.

Проведенный анализ показал, что в начале реабилитации у 15 пострадавших с переломами трубчатых костей кисти наблюдалось ограничение активных движений в суставах пальцев – ОАД составил  $1024,0 \pm 57,6?$  ( $R=69,7 \pm 3,9$  %). Степень ограничения движений определялась тяжестью и локализацией повреждения. При переломах фаланг пальцев в большей мере страдали движения в дистальном и проксимальном межфаланговых суставах травмированного пальца, а у 83,3 % пациентов отмечалось ограничение активного сгибания и в суставах соседних пальцев. Повреждения пястных костей приводили к нарушению движений не только в пястно-фаланговых суставах, но в 64,6 % случаев к ограничению движений и в лучезапястном суставе. К середине курса реабилитации ОАД в суставах пальцев возрастал до  $1110,0 \pm 61,7?$  ( $p > 0,05$ ), составляя  $75,5 \pm 4,9$  % нормального объема. Коэффициент динамики равнялся  $18,7 \pm 5,4$  %. Движения в лучезапястном суставе были в полном объеме. При завершении лечения амплитудные показатели достигали  $1275,6 \pm 33,3?$  ( $p < 0,05$ ), или  $86,6 \pm 2,2$  % от нормы. Коэффициент динамики на этом этапе лечения составил  $13,7 \pm 3,6$  %, а общий прирост амплитуды движений –  $30,3 \pm 5,1$  %.

В начале лечения у всех пострадавших наблюдалось снижение мышечной силы кисти, показатели которой, рассчитанные на всех пострадавших, составили  $84,2 \pm 11,9$  Н, или  $21,5 \pm 3,4$  % от среднего нормативного значения. К середине курса реабилитации сила кисти возрастала до  $119,2 \pm 11,7$  Н ( $R=30,8 \pm 3,1$  %) –  $p < 0,05$ . Коэффициент динамики на этом этапе лечения был равен  $31,3 \pm 6,7$  %. При выписке пациента сила кисти достигала  $160,5 \pm 16,4$  Н ( $R=41,6 \pm 3,7$  %). Прирост её за вторую половину курса был равен  $37,0 \pm 6,3$  %, а общий коэффициент динамики –  $159,4 \pm 34,6$  %.

За время лечения наблюдался рост силы ладонного захвата пальцами травмированной руки (табл. 2), хотя к середине курса достоверной разницы абсолютных значений по сравнению с исходными данными не было ( $p > 0,05$ ). Лишь при выписке пациента отмечалось увеличение силы ладонного захвата по сравнению с исходными данными ( $p < 0,05$ ). Коэффициент динамики во всех наблюдениях был положительным, и к концу лечения для I-II пальцев составил  $45,6 \pm 4,1$  %, I-III –  $50,3 \pm 8,6$  %, I-IV –  $128,8 \pm 21,2$  %, I-V пальцев –  $125,3 \pm 26,3$  %.

Снижение мышечной силы кисти в начале лечения приводило к снижению её выносливости, средние значения которой, рассчитанные на весь контингент больных, составили  $2851,5 \pm 362,8$  Н·с ( $R=30,5 \pm 4,8$  %). В середине реабилитации этот показатель –  $3456,3 \pm 367,9$  Н·с ( $R=34,7 \pm 3,4$  %) существенно не менялся ( $p > 0,05$ ), что было обусловлено незначительным приростом силы кисти на этом этапе. Коэффициент динамики равнялся  $28,2 \pm 13,2$  %. На протяжении второй половины курса лечения увеличение этого показателя было более значимым ( $КД=61,3 \pm 14,3$  %), а общий коэффициент динамики составил  $92,5 \pm 21,5$  %. Средние значения выносливости кисти к концу реабилитации составили  $4607,7 \pm 340,7$  Н·с, или  $48,6 \pm 5,0$  % от нормы.

Отношение максимальной скорости сокращения к максимальной скорости расслабления не менялось на всем протяжении лечения. При расчете на весь контингент больных этот показатель в начале курса лечения равнялся  $0,54 \pm 0,1$ , в его середине –  $0,51 \pm 0,1$ , при выписке –  $0,52 \pm 0,06$ , что было близко к норме. Следует, однако, отметить, что у женщин в начале и середине курса лечения этот показатель был ниже, чем у мужчин.

Показатели координации у пострадавших с переломами костей кисти практически не изменялись. Так, величина стандартного отклонения при воспроизведении заданного мышечного усилия в начале лечения была  $12,7 \pm 3,4$ , середине курса –  $11,3 \pm 3,7$ , при окончании –  $15,3 \pm 3,7$ . Время выполнения координационного теста также не выходило за пределы нормативных значений.

Таблица 2

**Показатели силы ладонного захвата (в Ньютонах и % от нормы) в процессе реабилитации больных с переломами трубчатых костей кисти**

Сроки исследования	I-II пальцы	I-III пальцы	I-IV пальцы	I-V пальцы
Начало лечения (n=15)	17,3±3,2 Н	14,4±4,2 Н	11,6±2,7 Н	15,7±4,3 Н
	15,9±2,9 %	15,6±4,4 %	15,1±4,2 %	27,0±7,3 %
Середина курса (n=15)	23,2±3,8 Н	18,7±3,3 Н	15,6±4,1 Н	18,9±4,4 Н
	21,4±3,2 %	20,2±4,8 %	22,3±4,6 %	32,5±6,4 %
Окончание лечения (n=15)	31,1±4,7 Н	24,4±3,7 Н	20,8±3,3 Н	24,7±3,8 Н
	22,0±2,4 %	26,2±3,2 %	27,0±3,7 %	43,4±7,1 %

Таблица 3

**Показатели силы ладонного захвата (в Ньютонах и % от нормы) в процессе реабилитации больных с травмами сухожилий разгибателей**

Сроки исследования	I-II пальцы	I-III пальцы	I-IV пальцы	I-V пальцы
Начало лечения (n=8)	24,2±0,8 Н	18,0±1,3 Н	17,8±1,2 Н	6,0±1,5 Н
	23,8±0,8 %	21,6±1,2 %	26,1±1,6 %	13,0±2,1 %
Середина курса (n=8)	29,5±1,6 Н	26,6±2,2 Н	24,8±1,8 Н	7,0±1,9 Н
	29,2±1,5 %	31,7±1,3 %	36,8±4,5 %	15,1±3,1 %
Окончание лечения (n=8)	35,7±1,7 Н	34,6±2,9 Н	34,0±3,7 Н	10,0±2,1 Н
	35,3±3,1 %	40,9±5,2 %	51,5±6,6 %	21,3±3,4 %

Таким образом, у больных с переломами трубчатых костей кисти в начале лечения наблюдалось снижение амплитудных (на 25–30 %) и силовых (на 75–80 %) параметров. Как следствие снижения мышечной силы показатели выносливости уменьшались на 60–75 %. Нарушений координации отмечено не было. В процессе лечения отмечался рост нарушенных биомеханических параметров, прирост которых был равномерным как в первую, так и во вторую половину реабилитационного курса. Если при выписке пациента амплитудные показатели были снижены на 12–15 %, то силовые параметры не превышали 30–45 % от нормальных значений (рис. 1).

В начале лечения у 10 пострадавших с травмами сухожилий разгибателей ОАД в суставах пальцев поврежденной кисти был равен  $755,0 \pm 54,3$ ? ( $R=51,4 \pm 3,1$  %). Ограничение движений, как правило, наблюдалось в суставах только травмированного

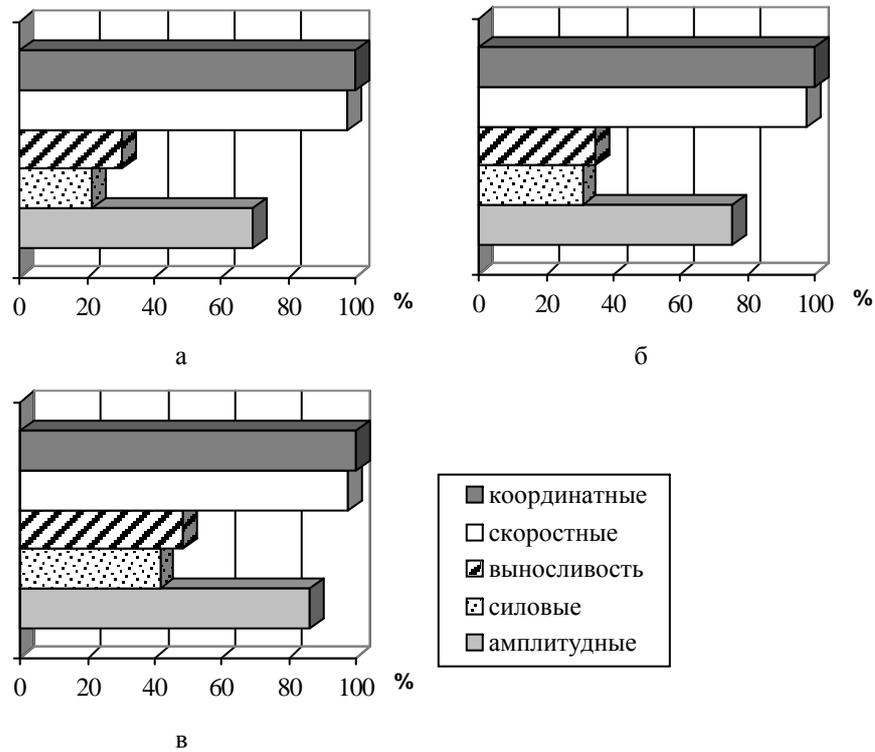


Рис. 1. Структура двигательных нарушений и её динамика в процессе реабилитации больных с переломами трубчатых костей кисти: а – начало лечения, б – середина курса, в – окончание реабилитации

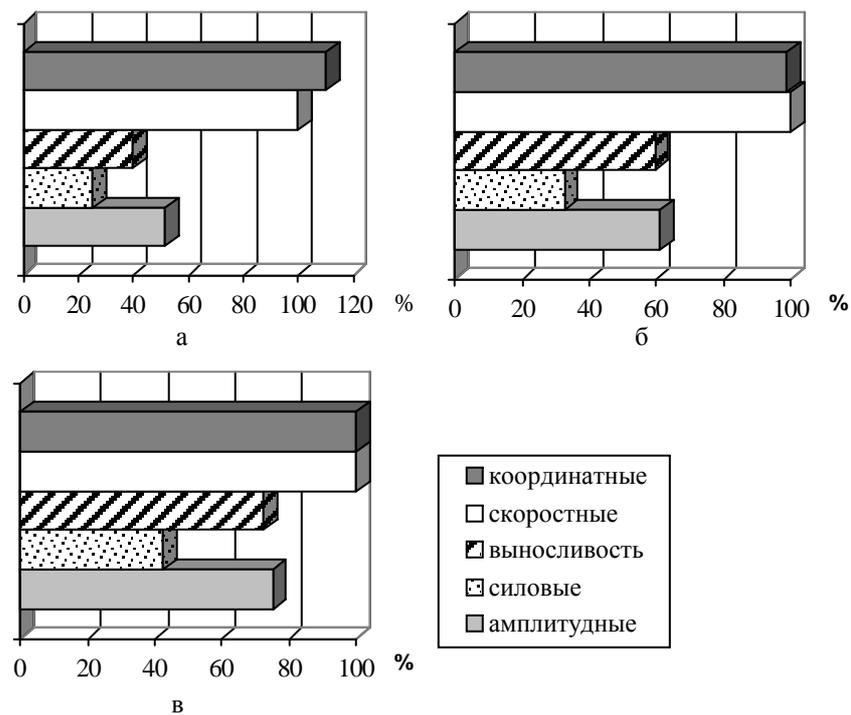


Рис. 2. Структура двигательных нарушений и её динамика в процессе реабилитации больных с травмами сухожилий разгибателей кисти и пальцев: а – начало лечения, б – середина курса, в – окончание реабилитации

пальца, а при повреждениях разгибателя пальцев на уровне лучезапястного сустава у 93,6 % пострадавших были нарушены активные движения не только в суставах пальцев, но и в лучезапястном суставе.

В процессе восстановительного лечения отмечалась положительная динамика гониометрических показателей. К середине курса ОАД в суставах пальцев возрастал ( $p < 0,05$ ) до  $898,3 \pm 43,3$ ? ( $R = 61,1 \pm 3,2$  %). Коэффициент динамики был положительным и составил  $21,5 \pm 4,5$  %. Движения в лучезапястном суставе у 64,7 % больных восстанавливались полностью.

При завершении лечения суммарный объем активных движений в суставах пальцев равнялся  $1107,5 \pm 53,3$ ? ( $p < 0,05$ ), или  $75,3 \pm 4,3$  % от нормы. Прирост амплитуды движений на этом этапе составил  $24,3 \pm 4,1$  %, а общий коэффициент динамики –  $53,2 \pm 8,1$  %. В лучезапястном суставе активные движения были восстановлены.

У всех пострадавших в начале реабилитации наблюдалось снижение мышечной силы кисти, которая составляла  $96,8 \pm 18,3$  Н ( $R = 25,3 \pm 5,6$  %). При повторном исследовании значения силы возрастали незначительно ( $p > 0,05$ ), достигая  $118,3 \pm 23,3$  Н ( $R = 32,5 \pm 5,6$  %). Коэффициент динамики на этом этапе лечения был равен  $46,3 \pm 8,4$  %. К моменту окончания реабилитации мышечная сила кисти достигала  $150,5 \pm 22,3$  Н ( $R = 42,7 \pm 6,3$  %). Прирост силы по сравнению с предыдущим исследованием составил  $31,5 \pm 6,5$  %, а общий коэффициент динамики –  $96,3 \pm 28,2$  %.

Возрастала и сила ладонного захвата пальцев (табл. 3).

Коэффициент динамики во всех наблюдениях был положительным и к концу лечения для I-II пальцев составил  $43,6 \pm 3,8$  %, I-III –  $94,2 \pm 12,3$  %, I-IV –  $95,3 \pm 18,7$  %, I-V пальцев –  $81,1 \pm 19,1$  %. Увеличение силы ладонного захвата I-II, I-III и I-IV пальцев происходило равномерно, наибольший прирост силы захвата I-V пальцев наблюдался во второй половине реабилитационного курса.

Средние значения выносливости кисти, рассчитанные на весь контингент больных, составили в начале лечения  $3427,0 \pm 643,2$  Н·с ( $R = 40,0 \pm 7,1$  %). К концу первой половины курса лечения этот показатель возрастал до  $5008,5 \pm 588,4$  Н·с ( $p < 0,05$ ), составляя  $59,7 \pm 12,3$  % от нормы. Коэффициент динамики к этому времени был равен  $50,8 \pm 8,2$  %. При выписке выносливость кисти была  $5972,6 \pm 436,8$  Н·с ( $R = 72,5 \pm 14,6$  %), достоверно не отличаясь от данных предыдущего обследования ( $p > 0,05$ ). Следует отметить, что при выписке у трех пострадавших показатель выносливости кисти превышал нормальные значения. Средний прирост выносливости за вторую половину реабилитационного курса у всех больных составил  $25,5 \pm 4,9$  %, а общий коэффициент динамики –  $89,0 \pm 11,2$  %.

Отношение максимальных скоростей сокращения и расслабления составило в начале лечения  $0,62 \pm 0,08$ , середине курса –  $0,64 \pm 0,1$ , при выписке –  $0,65 \pm 0,12$  ( $p > 0,05$ ).

Лишь у двух пострадавших с повреждениями сухожилия разгибателя на уровне лучезапястного сустава нарушалась координация движений. Стандартное отклонение при воспроизведении заданного мышечного усилия в начале лечения этих пациентов было  $22,2 \pm 3,6$ , а время выполнения координационного теста –  $24,3 \pm 4,1$  секунды. Нормализация этих параметров наступала к окончанию первой половины курса реабилитации. Показатели координации у остальных пострадавших не отличались от нормальных.

Таким образом, у больных с повреждениями сухожилий разгибателей в начале реабилитации имелось снижение амплитудных (на 50 %) и силовых (на 70–80 %) параметров. При травмах разгибателя на уровне лучезапястного сустава нарушается координация движений. Как следствие снижения мышечной силы уменьшались на 55–60 % показатели выносливости кисти. В процессе лечения отмечалось увеличение

Таблица 4

**Показатели силы ладонного захвата (в Ньютонах и % от нормы) в процессе реабилитации больных с повреждениями сухожилий сгибателей пальцев кисти**

Сроки исследования	I-II пальцы	I-III пальцы	I-IV пальцы	I-V пальцы
Начало лечения (n=7)	19,6±4,1 Н	16,2±1,1 Н	11,8±1,1 Н	17,5±1,7 Н
	17,6±3,3 %	16,5±1,2 %	15,9±1,4 %	28,3±3,0 %
Середина курса (n=7)	25,6±5,7 Н	24,7±1,5 Н	16,4±0,8 Н	25,8±3,3 Н
	24,5±3,2 %	25,6±1,7 %	21,3±1,1 %	42,2±4,3 %
Окончание лечения (n=7)	37,2±5,0 Н	37,3±2,4 Н	25,2±1,7 Н	36,3±4,4 Н
	35,8±4,2 %	38,3±2,9 %	32,3±2,2 %	58,2±5,1 %

Таблица 5

**Показатели силы ладонного захвата (в Ньютонах и % от нормы) в процессе реабилитации пострадавших с тяжелыми травмами кисти**

Сроки исследования	I-II пальцы	I-III пальцы	I-IV пальцы	I-V пальцы
Начало лечения (n=9)	14,7±1,8 Н	22,0±3,1 Н	12,0±2,1 Н	13,4±1,6 Н
	10,9±1,4 %	19,3±2,7 %	12,6±2,1 %	18,4±2,2 %
Середина курса (n=9)	20,8±2,6 Н	32,3±3,4 Н	16,4±3,7 Н	20,0±4,3 Н
	15,5±1,7 %	28,3±2,6 %	17,3±3,4 %	27,4±3,6 %
Окончание лечения (n=9)	30,8±3,3 Н	44,7±4,7 Н	32,8±4,3 Н	26,2±4,1 Н
	23,0±2,8 %	39,2±2,3 %	34,5±5,0 %	35,9±6,1 %

Таблица 6

**Показатели силы ладонного захвата (в Ньютонах и % от нормы) в процессе реабилитации больных, оперированных по поводу контрактуры Дюпюитрена**

Сроки исследования	I-II пальцы	I-III пальцы	I-IV пальцы	I-V пальцы
Начало лечения (n=12)	17,5±2,1 Н	14,1±2,1 Н	11,5±1,8 Н	9,5±1,7 Н
	13,5±2,0 %	12,7±2,3 %	12,4±2,4 %	13,3±2,9 %
Середина курса (n=12)	24,3±2,2 Н	19,9±2,1 Н	17,2±2,1 Н	14,7±1,6 Н
	18,5±2,1 %	18,2±2,4 %	18,6±2,7 %	20,9±2,7 %
Окончание лечения (n=12)	31,7±2,3 Н	26,9±1,9 Н	23,9±1,9 Н	21,7±2,1 Н
	24,4±2,3 %	24,8±2,0 %	26,2±2,6 %	31,1±3,6 %

нарушенных биомеханических параметров, прирост которых был равномерным как в первую, так и во вторую половину реабилитационного курса. Тем не менее, при выписке пациента эти показатели так и не достигали нормальных значений (рис. 2).

При повреждениях сухожилий сгибателей пальцев у 15 пострадавших в начале лечения ОАД травмированной кисти составил  $909,5 \pm 63,3$ ? ( $R=65,5 \pm 3,9$  %). Ограничение движений было обусловлено наличием контрактур в суставах оперированного пальца. У половины пострадавших имелось ограничение движений и в суставах смежных пальцев. Нарушение активных движений в лучезапястном суставе в виде снижения амплитуды на  $32,4 \pm 4,5$  % наблюдалось у трех пострадавших. К середине курса реабилитации ОАД достигал  $1031,0 \pm 42,3$ ? ( $p < 0,05$ ), или  $73,1 \pm 3,4$  % от нормы. Коэффициент динамики на этом этапе лечения равнялся  $14,4 \pm 4,2$  %. Движения в лучезапястном суставе восстанавливались полностью. При завершении лечения ОАД в суставах пальцев травмированной кисти был  $1205,8 \pm 42,3$ ? ( $p < 0,05$ ), или  $82,0 \pm 3,2$  % от нормы. Прирост амплитуды движений на этом этапе составил  $13,5 \pm 4,3$  %, а в целом коэффициент динамики был равен  $31,1 \pm 6,2$  %.

В начале лечения у всех пострадавших наблюдалось снижение мышечной силы кисти до  $99,0 \pm 22,4$  Н ( $R=26,0 \pm 4,3$  %). Результаты повторного обследования пострадавших с травмами сухожилий сгибателей не выявили достоверной разницы силовых параметров по сравнению с исходными данными ( $p > 0,05$ ). Сила кисти в середине курса лечения равнялась  $137,1 \pm 26,6$  Н ( $R=35,0 \pm 6,3$  %). Коэффициент динамики составил  $44,4 \pm 9,1$  %. К концу курса лечения мышечная сила кисти достигала  $193,4 \pm 20,4$  Н ( $R=49,0 \pm 6,1$  %). Её прирост за вторую половину реабилитационного курса составил  $45,2 \pm 8,0$  %, а общий коэффициент динамики –  $114,8 \pm 21,3$  %.

Динамика силы ладонного захвата при повреждениях сухожилий сгибателей представлена в табл. 4.

Коэффициент динамики во всех наблюдениях был положительным, и к концу лечения для I-II пальцев составил  $121,0 \pm 20,1$  %, I-III –  $136,3 \pm 18,7$  %, I-IV –  $125,6 \pm 23,9$  %, I-V пальцев –  $106,9 \pm 13,9$  %. Прирост силы ладонного захвата всех пальцев в первой и во второй половинах реабилитационного курса достоверно не отличался.

Снижение мышечной силы кисти и пальцев в начале лечения приводило к уменьшению выносливости, значения которой находились в пределах  $2681,6 \pm 640,0$  Н·с ( $R=25,4 \pm 6,1$  %). К середине курса лечения наблюдалась общая тенденция к росту этого показателя, однако его абсолютные значения ( $3612,0 \pm 738,3$  Н·с;  $R=35,2 \pm 7,3$  %) не отличались от исходных ( $p > 0,05$ ). Коэффициент динамики на этом этапе составил  $63,7 \pm 16,7$  %. В конце реабилитационного курса выносливость кисти возрастала до  $4615,7 \pm 778,1$  Н·с ( $R=45,7 \pm 7,3$  %). Прирост работоспособности за вторую половину реабилитационного курса составил  $42,6 \pm 7,5$  % ( $p > 0,05$ ), а по сравнению с исходными данными –  $136,6 \pm 21,7$  % ( $p < 0,05$ ).

Отношение максимальных скоростей сокращения и расслабления в начале лечения ( $0,53 \pm 0,04$ ) было ниже нормальных, что свидетельствовало о снижении мышечного тонуса. К моменту окончания первой половины курса реабилитации этот показатель был равен  $0,65 \pm 0,06$  ( $p < 0,05$ ) и оставался в этих пределах до выписки пациента.

У шести пострадавших в начале лечения отмечалось нарушение координации движений, что проявлялось в увеличении стандартного отклонения при воспроизведении заданного мышечного усилия до  $22,6 \pm 4,1$  и времени выполнения координационного теста до  $25,1 \pm 3,7$  секунды. При повторном исследовании эти параметры не отличались от нормальных (соответственно  $14,1 \pm 3,3$  и  $18,2 \pm 2,2$ ;  $p > 0,05$ ). Показатели координации остальных пострадавших не страдали.

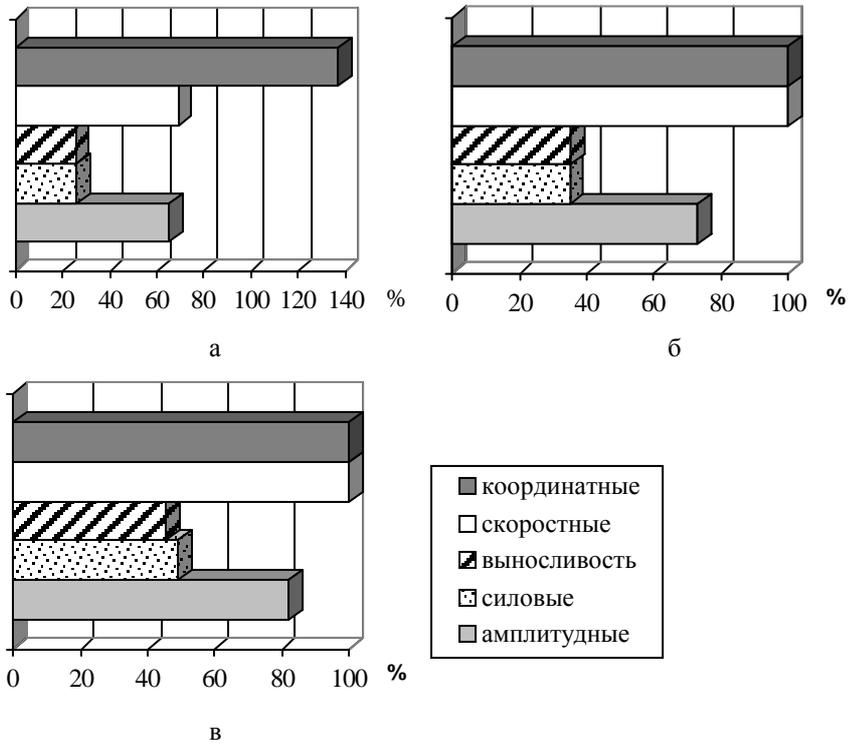


Рис. 3. Структура двигательных нарушений и её динамика в процессе реабилитации больных с повреждениями сухожилий сгибателей пальцев: а – начало лечения, б – середина курса, в – окончание реабилитации

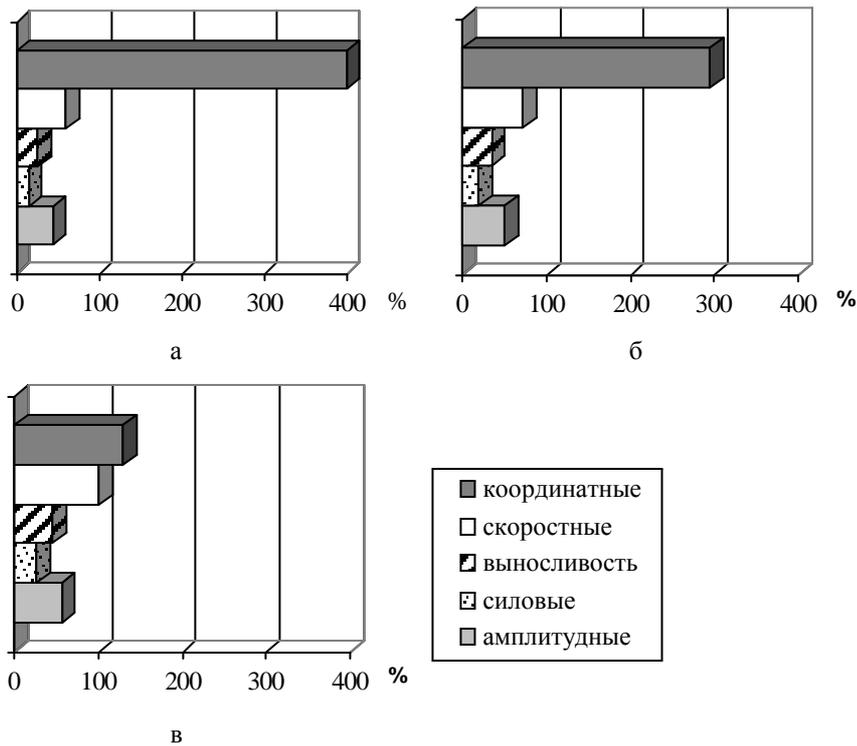


Рис. 4. Структура двигательных нарушений и её динамика в процессе реабилитации больных с тяжелыми сочетанными травмами кисти: а – начало лечения, б – середина курса, в – окончание реабилитации

Таким образом, у больных с повреждениями сухожилий сгибателей пальцев в начале реабилитации наблюдалось снижение амплитудных (на 30–40 %), силовых (на 65–80 %) и скоростных (на 25–30 %) параметров. Как следствие снижения мышечной силы, уменьшались на 65–80 % показатели выносливости; почти у половины больных страдала координация. В процессе лечения отмечался рост нарушенных биомеханических параметров, причем нормализация мышечного тонуса и показателей координации наблюдалась в первую половину реабилитационного курса (рис. 3).

У 12 пострадавших с тяжелыми сочетанными травмами кисти ОАД в суставах пальцев травмированной руки в начале лечения был  $645,8 \pm 83,5$ ? ( $R=43,9 \pm 8,4$  %). Ограничение активных движений в лучезапястном суставе на  $47,4 \pm 6,8$  % имело место у всех больных. В середине лечения ОАД в суставах пальцев возрастал незначительно ( $p > 0,05$ ) и равнялся  $719,6 \pm 96,3$ ? ( $R=48,9 \pm 7,8$  %). Коэффициент динамики за первую половину реабилитационного курса составил  $20,3 \pm 6,1$  %. У семерых пострадавших объем движений в лучезапястном суставе был восстановлен. По завершении курса реабилитации ОАД в суставах пальцев достигал  $821,7 \pm 54,6$ ? ( $55,9 \pm 8,1$  % от нормы). Прирост амплитудного показателя во вторую половину курса составил  $17,8 \pm 3,9$  %, а общий коэффициент динамики –  $43,4 \pm 11,3$  %. Движения в лучезапястном суставе у всех больных были в полном объеме.

Отмечалось значительное снижение силы кисти, которая в начале лечения была  $63,6 \pm 6,8$  Н ( $R=14,3 \pm 1,4$  %). В середине курса лечения она возрастала ( $p < 0,05$ ) до  $80,5 \pm 8,2$  Н ( $R=18,1 \pm 1,9$  %). Коэффициент динамики был положительным у девяти больных и отрицательным у одного. В среднем прирост силы за первую половину курса реабилитации составил  $30,2 \pm 9,4$  %. При завершении лечения сила травмированной кисти достигала  $111,2 \pm 12,5$  Н ( $R=25,0 \pm 2,8$  %). Прирост её на втором этапе лечения составил  $49,4 \pm 15,1$  %, а общий коэффициент динамики –  $83,5 \pm 19,1$  %.

Динамика силы ладонного захвата в процессе лечения пострадавших с тяжелыми травмами кисти представлена в табл. 5.

Коэффициент динамики во всех наблюдениях был положительным, и к концу лечения для I-II пальцев составил  $110,8 \pm 15,6$  %, I-III –  $134,4 \pm 27,3$  %, I-IV –  $198,2 \pm 26,8$  %, I-V пальцев –  $95,0 \pm 11,1$  %. Прирост силы ладонного захвата I-II и I-IV пальцев был большим во вторую половину реабилитационного курса ( $p < 0,05$ ). Увеличение силы захвата остальных пальцев было равномерным на всем протяжении лечения ( $p > 0,05$ ).

Показатели выносливости кисти в начале лечения равнялись  $2975,5 \pm 508,3$  Н·с ( $R=25,8 \pm 4,4$  %). В середине курса лечения наблюдалась тенденция к росту этого показателя, но его абсолютные значения ( $3907,6 \pm 656,3$  Н·с;  $R=33,9 \pm 5,7$  %) не отличались от исходных ( $p > 0,05$ ). Коэффициент динамики на данном этапе составил  $31,1 \pm 8,7$  %. В конце реабилитации выносливость кисти достигала  $5062,6 \pm 612,8$  Н·с ( $R=44,0 \pm 5,3$  %). Прирост параметра за вторую половину реабилитационного курса составил  $44,0 \pm 10,8$  %, а общий коэффициент динамики –  $84,9 \pm 13,0$  %.

Соотношение максимальной скорости сокращения и расслабления в начале реабилитации было  $0,46 \pm 0,1$ , что свидетельствовало о снижении мышечного тонуса. При повторном обследовании этот показатель достигал  $0,55 \pm 0,03$  ( $p < 0,05$ ), нормализация его отмечалась только при завершении лечения –  $0,74 \pm 0,07$ .

У всех пациентов в начале лечения отмечалось нарушение координаторных параметров. Стандартное отклонение при воспроизведении заданного мышечного усилия составляло  $66,0 \pm 15,1$ , а время выполнения координационного теста –  $53,3 \pm 6,7$  секунды. В процессе лечения наблюдалась тенденция к нормализации показателей координации. При повторном исследовании стандартное отклонение равнялось  $48,7 \pm 9,1$  ( $p < 0,05$ ), а время выполнения координационного теста –  $30,1 \pm 5,7$  секунды

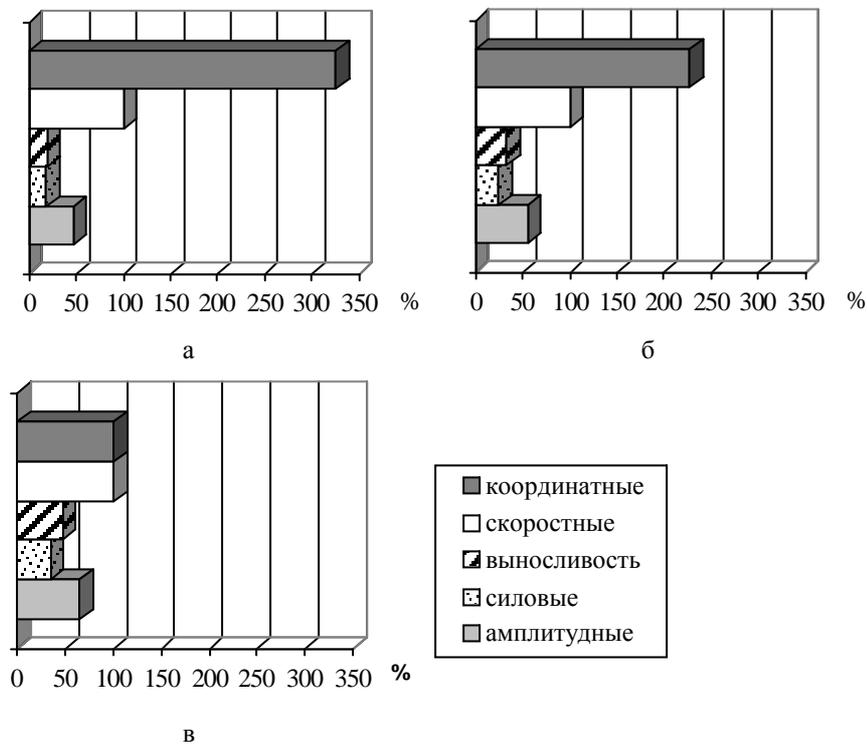


Рис. 5. Структура двигательных нарушений и её динамика в процессе реабилитации больных, оперированных по поводу контрактуры Дюпюитрена: а – начало лечения, б – середина курса, в – окончание реабилитации

( $p > 0,05$ ). По окончании курса реабилитации стандартное отклонение было  $21,3 \pm 3,6$ , время выполнения теста –  $24,1 \pm 4,3$  секунды.

Таким образом, у больных с тяжелыми сочетанными травмами кисти в начале реабилитации наблюдалось нарушение всех биомеханических показателей. Это проявлялось в виде снижения амплитудных (на 50–60 %), силовых (на 80–85 %) и скоростных (на 25–30 %) параметров. Как следствие снижения мышечной силы показатели выносливости уменьшались на 70–75 %. У всех пострадавших имелось нарушение координации. В процессе лечения отмечалась общая тенденция к росту нарушенных биомеханических параметров, однако лишь скоростные и координационные показатели были близки к норме, снижение остальных было достаточно выраженным (рис. 4).

У 20 больных, оперированных по поводу контрактуры Дюпюитрена, в начале лечения ОАД в суставах пальцев составил  $690,0 \pm 37,6$ ? ( $R = 46,9 \pm 2,5$  %). Особенно выраженное снижение амплитуды движений наблюдалось в суставах IV и V пальцев (соответственно  $45,6 \pm 3,1$  и  $37,6 \pm 2,7$  % от нормы). Объем активных движений в лучезапястном суставе у 16 пациентов был снижен на  $21,3 \pm 4,1$  %. К середине курса лечения ОАД в суставах пальцев возрастал ( $p < 0,05$ ) и был равен  $819,2 \pm 37,8$ ? ( $R = 55,7 \pm 2,6$  %). Коэффициент динамики на этом этапе реабилитации составил  $21,1 \pm 4,6$  %. Движения в лучезапястном суставе у 12 пациентов были в полном объеме. При завершении лечения движения в этом суставе у всех больных восстанавливались, ОАД в суставах пальцев достигал  $951,6 \pm 49,7$ ? ( $p < 0,05$ ), или  $64,7 \pm 3,4$  % от нормы. Прирост амплитуды движений на этом этапе составил  $15,9 \pm 2,7$  %, а в целом коэффициент динамики был равен  $40,8 \pm 6,6$  %.

Мышечная сила кисти в начале лечения была снижена и равнялась  $82,0 \pm 9,6$ Н ( $R = 18,6 \pm 2,3$  %). К моменту окончания первой половины реабилитационного курса сила кисти увеличивалась ( $p < 0,05$ ), достигая  $107,6 \pm 9,8$ Н ( $R = 24,7 \pm 2,8$  %). Коэффициент

динамики составил  $53,2 \pm 13,7$  %. По окончании реабилитации сила оперированной кисти была  $147,6 \pm 12,5$  Н ( $R=33,9 \pm 3,6$  %). Прирост мышечной силы за вторую половину реабилитационного курса составил  $50,5 \pm 15,3$  %, а общий коэффициент динамики –  $116,5 \pm 18,2$  %.

В процессе восстановительного лечения отмечался и рост силы ладонного захвата пальцев оперированной кисти (табл. 6).

Коэффициент динамики во всех наблюдениях был положительным, и к концу лечения для I-II пальцев составил  $99,1 \pm 16,0$  %, I-III –  $145,4 \pm 45,0$  %, I-IV –  $186,2 \pm 61,3$  %, I-V пальцев –  $192,1 \pm 35,7$  %. Прирост силы ладонного захвата I-II пальцев достоверно не отличался в первую и во вторую половины реабилитационного курса ( $p > 0,05$ ). Увеличение силы захвата другими пальцами было более выраженным в первую половину курса лечения.

Выносливость кисти в начале лечения была сниженной и составляла  $2261,3 \pm 294,0$  Н·с ( $R=19,9 \pm 3,4$  %). Этот показатель достоверно ( $p < 0,05$ ) возрастал к середине курса, достигая  $3589,8 \pm 325,9$  Н·с ( $R=32,3 \pm 3,7$  %). Коэффициент динамики на данном этапе составил  $101,1 \pm 25,7$  %. В конце курса лечения выносливость оперированной кисти равнялась  $5196,5 \pm 363,4$  Н·с ( $R=46,5 \pm 4,1$  %). Её прирост за вторую половину реабилитационного курса составил  $71,8 \pm 18,8$  %, а по сравнению с исходными данными –  $224,1 \pm 44,4$  %.

Отношение максимальной скорости сокращения к скорости расслабления не менялось ( $p > 0,05$ ) на всем протяжении лечения (соответственно  $0,63 \pm 0,09$ ,  $0,63 \pm 0,08$  и  $0,71 \pm 0,2$ ) и практически не отличалось от нормы.

У всех пациентов в начале лечения отмечалось нарушение координаторных параметров. Стандартное отклонение при воспроизведении заданного мышечного усилия составляло  $53,6 \pm 11,4$ , время выполнения координационного теста –  $38,1 \pm 4,3$  секунды. В процессе лечения наблюдалась тенденция к нормализации показателей координации. При повторном исследовании стандартное отклонение равнялось  $37,5 \pm 9,1$  ( $p < 0,05$ ), а время выполнения координационного теста –  $30,1 \pm 5,7$  секунды ( $p > 0,05$ ). По окончании курса реабилитации стандартное отклонение было  $20,3 \pm 3,6$ , время выполнения теста –  $24,1 \pm 4,3$  секунды.

Таким образом, у больных, оперированных по поводу контрактуры Дюпюитрена, в начале лечения наблюдалось снижение амплитудных (на 45–50 %), силовых (на 80–85 %) параметров и выносливости кисти (на 80–85 %). У всех пациентов имелось нарушение координации движений. В результате проведения реабилитационных мероприятий отмечался рост нарушенных биомеханических параметров, однако сила и выносливость кисти оставались сниженными (рис. 5).

Проведенный анализ структуры двигательных нарушений и её динамики в процессе реабилитации больных с патологией кисти дал возможность определить наиболее «страдающие» компоненты, которые были выбраны в качестве мишеней для направленной кинезитерапии.

### Список литературы

1. Матев И.Б., Банков С.Д. Реабилитация при повреждениях руки. София, 1981.
2. Смирнов Г.В., Вешуткин В.Д., Радау Ю.В., Максимова Ю.С., Костюнин А.Н., Донченко Е.В., Петров С.В., Митрофанов Н.В. Hand dynamometers set and their application in the clinic practice // Proceedings of the 10<sup>th</sup> Nordic-Baltic Conference on Biomedical Engineering. Med&Biolog Engineering&Computing. 1996. V. 34. Supp 1.1. Part 1. P. 51-52.
3. Смирнов Г.В., Костюнин А.Н., Донченко Е.В., Чен И.Н., Фроловский С.В., Вешуткин В.Д., Михайловский Л. В., Буйлова Т.В., Максимова Л.П., Радау Ю.В. Программно-аппаратные комплексы

для динамометрии и их использование в медицине // Всерос. науч. конф. «Медицинская информатика накануне 21-го века»: Тез. докл. СПб, 1997. С. 207-207.

4. *Stanley B.G., Tribuzi S.M.* Concepts in Hand Rehabilitation. Philadelphia: F.A. Davis Company, 1992.

## **MOTOR DISORDERS STRUCTURE AND THEIR DYNAMICS DURING REHABILITATION OF PATIENTS WITH HAND PATHOLOGY**

**A.V. Novikov, L.P. Maximova, Yu.V. Radau (Nizhniy Novgorod, Russia)**

During the rehabilitation of patients with hand pathology the essential point is determination of motor disorders structure including appraisal of the amplitude, muscle strength and tolerance of the hand, velocity and coordination of movements. The parameter alteration dynamics were studied to define adequate goals of kinesitherapy for patients with hand tubular bone fracture, tendon injuries of finger flexor and extensor, severe associated traumas, Dupuitren's contracture

**Key words:** injuries of hand, biomechanical methods, motor disorders structure.

*Получено 5 февраля 2003*