

УДК 615.825.6

# ЦИФРОВАЯ ДИАГНОСТИКА ДВИГАТЕЛЬНЫХ И ПОСТУРАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ ОНКООРТОПЕДИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Степанова А.М., Мерзлякова А.М., Сушенцов Е.А., Софронов Д.И.

ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России; 115478, г. Москва, Каширское ш., д. 24

**Ключевые слова:** двигательные и поструральные нарушения, диагностика, реабилитация, онкоортопедия, саркома, функциональный результат, цифровая медицина

Впервые в России описано применение цифровых диагностических систем для выявления двигательных и поструральных нарушений у больных с опухолями опорно-двигательного аппарата. Применение диагностики двигательных и поструральных нарушений у онкоортопедических больных на всех этапах комбинированного лечения позволяет индивидуально подходить к объему реабилитационной помощи, корректировать план восстановительного лечения и объективно оценивать ее результаты.

Реабилитация больных с двигательными нарушениями вследствие онкоортопедических операций является одной из наиболее актуальных проблем современной реабилитации в онкологии. Это обусловлено прежде всего расширением показаний и объема органосохраняющих хирургических вмешательств, применением современных методов реконструкции для восстановления удаленных тканей с применением аутологичных и металлоимплантов. Все более актуальным становится вопрос о проведении полноценной комплексной двигательной реабилитации у пациентов данной категории.

В число важнейших задач реабилитации больных с опухолями опорно-двигательного аппарата входит их ранняя активизация (мобилизация), способствующая стабилизации гемодинамических показателей, профилактике сердечно-легочных, тромботических и других осложнений послеоперационного периода, а также подготовке больных к стоянию и к последующему обучению ходьбе.

На современном этапе развития онкорезабилитации восстановление навыка ходьбы у онкоортопедических больных представляет собой сложный и трудоемкий процесс, связанный с существенными экономическими затратами и привлечением значительных людских ресурсов. Наряду с классическими методами ЛФК широкое распространение получает метод двигательной терапии, ориентированный на

восстановление определенной двигательной задачи путем интенсификации процесса тренировки.

Согласно концепции Бобат [1], определяющими факторами ходьбы являются удар пяткой при первоначальном контакте, реакция на нагрузку в начале опорной фазы, поднятие пятки с плоской стопы в конце опорной фазы [2], вращение таза/туловища, синхронизированное, не совпадающее по фазе действие мышц-разгибателей и сгибателей нижних конечностей [3]. При этом поструральный контроль является обязательной основой движения. По данным литературы, выделяют следующие ключевые требования для обеспечения функционального движения: сила и выносливость, точность и скорость, паттерны движения, приемы по сохранению равновесия [4]. Сочетание коррекции походки и поструральных нарушений имеет значительное влияние на последующее формирование навыка ходьбы у пациентов после операций на опорно-двигательном аппарате [5].

Для подбора адекватного объема реабилитации наиболее современным методом является анализ двигательных и поструральных нарушений (стабилометрия) [6]. Стабилометрия — это метод регистрации проекции общего центра массы тела на плоскость опоры и его колебаний в положении обследуемого стоя, а также при выполнении различных диагностических тестов. В ряде случаев метод применяется при использовании различных положений тела обследуемого, включая положение сидя и лежа. Стабилометрия — один из базовых методов клинического и фундаментального научного направления, известного как постурология. Компьютерное тестирование процесса баланса тела в положении

*Адрес для корреспонденции*

Степанова А.М.

E-mail: stepanovas@list.ru

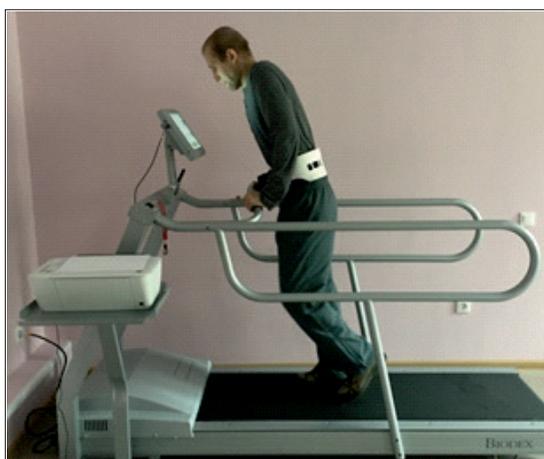
стоя может дать информацию о функциональном состоянии значительной части опорно-двигательной и сенсорной систем (рис. 1) [7].



**Рис. 1.** Компьютерное тестирование процесса баланса тела в положении стоя на стабилометрической платформе

В ортопедии-травматологии стабилометрические исследования позволяют определить наличие асимметрий опорно-двигательного аппарата, аномалий суставов и позвоночника, функциональное состояние оперированных нижних конечностей или позвоночника, определить опороспособность конечности [8]. Поскольку стабилометрическое исследование – это во многом исследование двигательной сферы, то оно нашло применение и при сопутствующей патологии, такой как дорсопатия, ревматоидный артрит и т. д. [8].

В настоящее время разработаны специальные системы диагностики нарушений походки и тренировки навыков ходьбы. К таким системам относится тренажер Gait Trainer 3 (Biodex) (рис. 2). Реабилитационная система от Gait Trainer 3



**Рис. 2.** Компьютерный стенд диагностики нарушений походки и тренировки навыков ходьбы

литационная система от Gait Trainer 3 сравнивает ширину шага, скорость ходьбы и симметрию шага с соответствующими половозрастными показателями. При этом данный комплекс обладает аудиовизуальной биологической обратной связью (БОС). При помощи БОС происходит дополнительная мотивация пациентов, в результате чего они стремятся подражать определенным образцам ходьбы и соблюдать ширину шага, скорость ходьбы и симметрию шага. БОС также помогает придерживаться цели на каждом этапе реабилитации, в результате чего шаги становятся шире, скорость ходьбы увеличивается, а симметрия улучшается. Данная методика признана одной из самых эффективных в реабилитации больных после операций на опорно-двигательном аппарате [9].

Традиционно для оценки функциональных результатов используются оценочные шкалы. Наиболее часто применяемой в онкоортопедии является система оценки функциональных результатов по системе MSTs, которая была опубликована в 1993 г. Enneking и соавт. [11] и включает в себя 6 групп вопросов, оцениваемых по 5-балльной шкале, впоследствии баллы суммируются, и считается итоговый результат, который соответствует неудовлетворительному, удовлетворительному, хорошему и отличному результату. Сравнение традиционных и цифровых методов оценки функциональных результатов представляет собой большой клинический и научный интерес и требует проведения дополнительных исследований. В данной работе приведен предварительный анализ внедрения цифровых методов оценки функциональных результатов у онкологических больных.

### Материалы и методы

В условиях отделения реабилитации ФГБУ НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина Минздрава России комплексная диагностика двигательных и поструральных нарушений была проведена 5 пациентам. Данные о пациентах представлены в табл. 1. В данную работу были включены больные, у которых проводилась оценка в динамике: перед началом неoadьювантной полихимиотерапии, перед хирургическим лечением, через месяц после него и, в дальнейшем, через 3 мес и более. Средний возраст составил 29,4 года.

Всем пациентам проводилась комплексная диагностика двигательных нарушений на компьютерном стенде Gait Trainer 3, сравнивая их с соответствующими половозрастными показателями (нормативными данными), и поструральных нарушений на стабилометрической платформе Alfa. В зависимости от результатов индивидуально подбирался курс ранней послеоперационной реабилитации, куда были включены тренировки на вышеуказанных тренажерах.

Таблица 1. Информация о включенных в исследование пациентах

	Пол/ возраст	Диагноз	Неoadьюван- тная ХТ	Объем операции	Адьювантная ХТ	ЛТ
Пациент 1	Ж/54	Синовиальная саркома мягких тканей правого бедра	+	Удаление опухоли с пластикой дефекта местными мягкими тканями	+	+
Пациент 2	Ж/17	Саркома Юинга н/3 правой бедренной кости	+	Резекция н/3 правой бедренной кости с эндопротезированием коленного сустава (бесцементный эндопротез)	+	-
Пациент 3	М/23	Остеосаркома н/3 левой бедренной кости	+	Резекция н/3 правой бедренной кости с эндопротезированием коленного сустава (бесцементный эндопротез)	+	-
Пациент 4	М/21	Остеосаркома н/3 левой бедренной кости	+	Резекция н/3 правой бедренной кости с эндопротезированием коленного сустава (цементный эндопротез)	+	-
Пациент 5	М/32	Остеосаркома правой подвздошной кости	+	Резекция костей таза справа с реконструкцией дефекта 3D индивидуальным имплантом	+	-

Болевой синдром оценивался по визуальной аналоговой шкале (VAS). Функциональный результат по системе MSTs оценивался по традиционной методике.

### Результаты

Все пациенты, включенные в исследование, до начала системного лечения имели интенсивный болевой синдром до 5–6 баллов по шкале VAS. В связи с этим при обследовании отмечалось снижение уровня нагрузки на пораженную конечность, снижение способности передвигаться (Ambulation index) до  $80 \pm 3$  баллов. По данным теста распределения веса, разница между нагрузкой на конечность на стороне опухолевого поражения и здоровой конечностью составляла в среднем  $20 \pm 2\%$  (табл. 2).

После проведения химиотерапии (перед операцией) отмечалось значительное уменьшение болевого синдрома, и эта тенденция несколько изменилась: разница составила в среднем от 5 до 11%, однако значительно уменьшилась выносливость больных (табл. 3).

В послеоперационном периоде все пациенты получали комплексную реабилитацию, включающую в себя раннюю активизацию, индивидуальные занятия с инструктором ЛФК, массаж, физиотерапию. При этом в объем двигательной реабилитации были

Таблица 2. Первичное обследование группы больных

	VAS	Средняя скорость ходьбы (м/с)	Разница в нагрузке на конечности (%)	Ambulation index
Пациент 1	5	0,90	21	79
Пациент 2	6	1,0	18	83
Пациент 3	6	0,90	20	80
Пациент 4	5	1,1	18	82
Пациент 5	5	0,89	22	78

Таблица 3. Диагностика перед операцией

	VAS	Средняя скорость ходьбы (м/с)	Разница в нагрузке на конечности (%)	Ambulation index
Пациент 1	3	0,62	5	76
Пациент 2	4	0,81	7	80
Пациент 3	2	0,78	10	78
Пациент 4	2	0,89	6	80
Пациент 5	2	0,86	11	77

включены двигательные тренировки на тренажере Gait Trainer 3 и тренировки баланса (с 10-х суток после операции).

При оценке результатов после операции (диагностика двигательных и поструральных нарушений) через 1 мес сохранялось нарушение способности передвигаться (Ambulation index) до  $73 \pm 4$  баллов, асимметрия нагрузки на пораженную конечность и снижение выносливости. Кроме того, у всех больных отмечалась дискоординация мышц аксиального скелета, что, вероятно, связано с ограничением нагрузки на оперированную конечность и применением дополнительной опоры при ходьбе (табл. 4).

Далее в течение 2 мес реабилитация была продолжена: пациенты занимались с инструктором ЛФК,

Таблица 4. Диагностика через 1 мес после операции

	VAS	Средняя скорость ходьбы (м/с)	Разница в нагрузке на конечности (%)	Ambulation index
Пациент 1	5	0,60	38	70
Пациент 2	5	0,76	44	71
Пациент 3	4	0,74	38	76
Пациент 4	6	0,77	26	77
Пациент 5	6	0,61	56	69

самостоятельно дома, проводилась коррекция походки на тренажере Gait Trainer 3 с БОС. Тренировки проводились 3 раза в неделю.

Через 3 мес после операции, при контрольном обследовании, отмечалось значительное улучшение функции ходьбы: Ambulation index увеличился до  $90 \pm 5$  баллов у 4 пациентов. У этих же больных разница в нагрузке на конечности составила  $3 \pm 2\%$  (табл. 5).

**Таблица 5. Диагностика через 3 мес после операции**

	VAS	Средняя скорость ходьбы (м/с)	Разница в нагрузке на конечности (%)	Ambulation index	MSTS (%)
Пациент 1	5	1,0	5	90	90
Пациент 2	5	0,9	7	89	83
Пациент 3	4	1,2	2	93	85
Пациент 4	6	1,2	1	95	87
Пациент 5	6	0,71	40	70	57

Лишь в одном случае, у пациента после резекции костей таза, при функциональной оценке нагрузка на оперированную конечность 20%, на здоровую – 80%, значительное снижение способности передвигаться (II степени). Пациент передвигался с дополнительной опорой на костыли. Данные изменения были связаны с особенностью пластики костного дефекта и послеоперационных осложнений: пациенту было рекомендовано не нагружать оперированную конечность 6 мес, и имелся парез малоберцового нерва. При оценке по системе MSTS – 57% через 3 мес после операции. Однако через 6 мес, по данным функционального обследования, у пациента отмечалось улучшение двигательной функции: увеличение средней нагрузки на правую нижнюю конечность на 30% (что сопоставимо с левой нижней конечностью), незначительное (I ст.) снижение способности передвигаться (Ambulation index), MSTS – 66%. Пациент передвигался с опорой на один подлоктевой костыль. Сохраняется парез малоберцового нерва, что отмечалось и сразу в послеоперационном периоде. Активное сгибание коленного сустава  $110^\circ$ , тазобедренного сустава –  $90^\circ$  [10].

### Заключение

Проведение цифровой диагностики двигательных и поструральных нарушений больным с опухолями опорно-двигательного аппарата позволяет выявить и задокументировать изменения на всех этапах комплексного лечения, разработать план восстановительного лечения, начиная с предоперационного и раннего послеоперационного периода,

создавать базы данных, направленных на анализ реабилитации онкологических больных. Учитывая технические возможности оборудования у реабилитологов и врачей ЛФК, появилась возможность объективно оценивать текущие результаты комплексной реабилитации и корректировать методики по ходу лечения. Наличие биологической обратной связи в ходе тренировок дополнительно помогает пациентам контролировать свою походку и является дополнительным мотиватором для достижения результата.

### Информация об источниках финансирования

Финансовой поддержки в настоящей статье не было.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бобат-концепция. Теория и клиническая практика в неврологической реабилитации. Нижний Новгород: издательство «Кириллица». 2013:320.
2. Kerrigan DC, Della Croce U, Marciello M, Riley PO. A refined view of the determinants of gait: significance of heel rise. Arch Phys Med Rehabil. 2000;81(8):1077-1080.
3. MacKay-Lyons M. Central pattern generation of locomotion: a review of the evidence. Phys Ther. 2002;82(1):69-83. Review.
4. Белокопытова СВ. Роботизированная механотерапия в нейрореабилитации для восстановления функции ходьбы [Текст]. Медицина и здравоохранение: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Казань, май 2015 г.). Казань: Бук. 2015:97-98.
5. Brown G, Wu MM, Huang FC, Gordon KE. Movement augmentation to evaluate human control of locomotor stability. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2017:66-69.
6. Li J, Chen D, Fan Y. An Open-Structure Treadmill Gait Trainer: From Research to Application. J Healthc Eng. 2017:9053630.
7. Скворцов ДВ. Диагностика двигательной патологии инструментальными методами: анализ походки, стабилметрия. Москва, Т.М. Андреева. 2007:617.
8. Скворцов ДВ, Иванова ГЕ, Поляев БА, Стаховская ЛВ. Диагностика и тестирование двигательной патологии инструментальными средствами. Вестник восстановительной медицины. 2013;(5):74-78.
9. Teskey WJ, Elhabiby M, El-Sheimy N. Inertial Sensing to Determine Movement Disorder Motion Present before and after Treatment. Sensors (Basel). 2012;12(3):3512-3527. Epub 2012 Mar 12.
10. Сушенцов ЕА, Мусаев ЭР, Софронов ДИ, Федорова АВ, Степанова АМ, Ефименко ОС, Дженжера ГЕ, Алиев МД. Индивидуальное эндопротезирование на основе 3D-технологий после резекции костей таза. Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи. 2017;(3):14-21.
11. Enneking WF, Dunham W, Gebhardt MC, Malawar M, Pritchard DJ. A system for the functional evaluation of reconstructive procedures after surgical treatment of tumors of the musculoskeletal system. Clin Orthop Relat Res. 1993;(286):241-246.

Статья поступила 10.05.2018 г., принята к печати 22.05.2018 г.  
Рекомендована к публикации В.А. Соколовским

#### Информационная страница

Степанова Александра Михайловна, ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России, г. Москва, кандидат медицинских наук, зав. отделением реабилитации.

Мерзлякова Анна Михайловна, ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России, г. Москва, кандидат медицинских наук, врач отделения реабилитации.

Сущенцов Евгений Александрович, ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России, г. Москва, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения опухолей опорно-двигательного аппарата.

Софронов Денис Игоревич, НИИ КО ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н.Блохина» Минздрава России, кандидат медицинских наук, научный сотрудник отделения вертебральной хирургии.

#### Дополнительные утверждения

Авторы согласны на публикацию представленной работы.

Авторы утверждают, что данная рукопись в настоящее время не представлена для публикации в другие издания и не была принята для публикации в других изданиях.

## DIAGNOSTICS OF MOTOR AND POSTURAL DISORDERS AND THEIR CORRECTION IN PATIENTS WITH THE TUMORS OF THE MUSCULOSKELETAL SYSTEM

Stepanova A.M., Merzljakova A.M., Sushentsov E.A., Sofronov D.I.

FGBU «National Medical Research Center of Oncology named after N.N. Blokhin» of the Ministry of Health of Russia, Moscow; 24, Kashirskoe Shosse, Moscow, 115478, Russia

**Key words:** motor and postural disorders, diagnosis, rehabilitation, tumors of the musculoskeletal system, sarcoma, digital medicine

For the first time in Russia diagnostic systems for detection of motor and postural disorders in patients with tumors of musculoskeletal system was described. The application of diagnostics of motor and postural disorders in patients with tumors of musculoskeletal system at all stages of combined treatment allows to have an individual approach to the extent of rehabilitation, to adjust the treatment plan and evaluate the results objectively.