

Латеральные асимметрии балансирующей активности опорных реакций стоп в процессах функциональной реабилитации опорно-двигательной системы

В. И. Шевцов, Д. В. Долганов, О. К. Чегуров, В. Д. Макушин, Т. И. Долганова, Н. В. Сазонова

The lateral asymmetries of the balancing activity of feet support reactions in the processes of locomotor system rehabilitation

V. I. Shevtsov, D. V. Dolganov, O. K. Chegurov, V. D. Makushin, T. I. Dolganova, N. V. Sazonova

ФГУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г. А. Илизарова»
Минздравсоцразвития РФ (директор — д. м. н. А. В. Губин)

При стабилметрическом исследовании балансирующей активности опорных реакций стоп у 56 здоровых людей и 39 ортопедических больных с минимальными статическими нарушениями биомеханики опорно-двигательной системы до и после оперативного лечения в различные сроки функциональной реабилитации обнаружены конкурентные отношения между латеральными фенотипическими и патологическими асимметриями. Из-за конкурентных проявлений в активности опорных реакций фенотипические и патологические асимметрии ослабляли информационный контроль процессов функциональной реабилитации, затрудняли диагностику и сопоставительные оценки между выборочными совокупностями.

Ключевые слова: опорные реакции стоп, стабилметрия, балансирующие асимметрии.

Competitive relations between lateral phenotypic and pathological asymmetries have been found while studying stabilometrically the balancing activity of feet support reactions in 56 normal subjects and 39 orthopedic patients with minimal static disorders of locomotor system biomechanics before and after surgical treatment in the different periods of functional rehabilitation. Due to the competitive manifestations in the activity of support reactions the phenotypic and pathological asymmetries weakened the informative controlling of functional rehabilitation processes, impeded the diagnostics and comparative estimations between selective populations.

Keywords: feet support reactions, stabilometry, balancing asymmetries.

Балансирующая активность опорных реакций стоп в основной стойке — активный процесс, в протекании которого участвуют многие функциональные системы организма: опорно-двигательная, центральная и периферическая нервная системы. Поэтому инструментальное тестирование опорно-балансирующих реакций, участвующих в функции равновесия (метод стабилметрии) у ортопедотравматологических больных — потенциальный источник ценной информации для диагностики функциональной двигательной патологии и объективного контроля процесса восстановительного лечения. Вместе с тем, несмотря на то, что интерес к методам стабилметрического исследования постоянно растет [4], ощущается острый дефицит в методической литературе по диагностическому использованию стабилметрии в клинической практике. Кроме того, поскольку стабилметрические исследования в ортопедии-травматологии в большинстве случаев сводятся к определению опороспособности пораженной конечности или оценки наличия асимметрий опорно-

двигательного аппарата [5], вопрос о том, как латерализация функций опорно-двигательной системы проявляется в восстановлении постурального статуса больных остается не выясненным. Во всяком случае, в известных нам публикациях [1, 2] сведения о соотношениях между асимметриями патологической и функциональной природы, как правило, умалчиваются.

С целью изучения возможностей объективного контроля постуральной функции в процессе восстановительного лечения исследована информативность стабилметрии при лечении больных гонартрозами с различной стадией заболевания и стороной преобладания болевого синдрома. Имевшиеся при этом у больных суставные аномалии и биомеханические нарушения полностью компенсировались в ортостатике, а возникающие при стоянии статокINETические условия не требовали коррекции. То есть, при тестировании опорных реакций у обследованного контингента не изменялась стандартная установка стелек в горизонтальной плоскости (европейский вариант) и по высоте.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследованы 39 больных (17 мужчин и 22 женщины) в возрасте от 20 до 62 лет с односторонними и двусторонними гетерогенными гонартрозами 2–3 стадии, а также здоровые люди (25 человек мужского и 31

женского пола) в возрасте от 19 до 54 лет. Для лечения применены декомпрессионно-дренирующие и корригирующие операции [6, 7], снижающие внутрикостное давление с улучшением микроциркуляции в субхон-

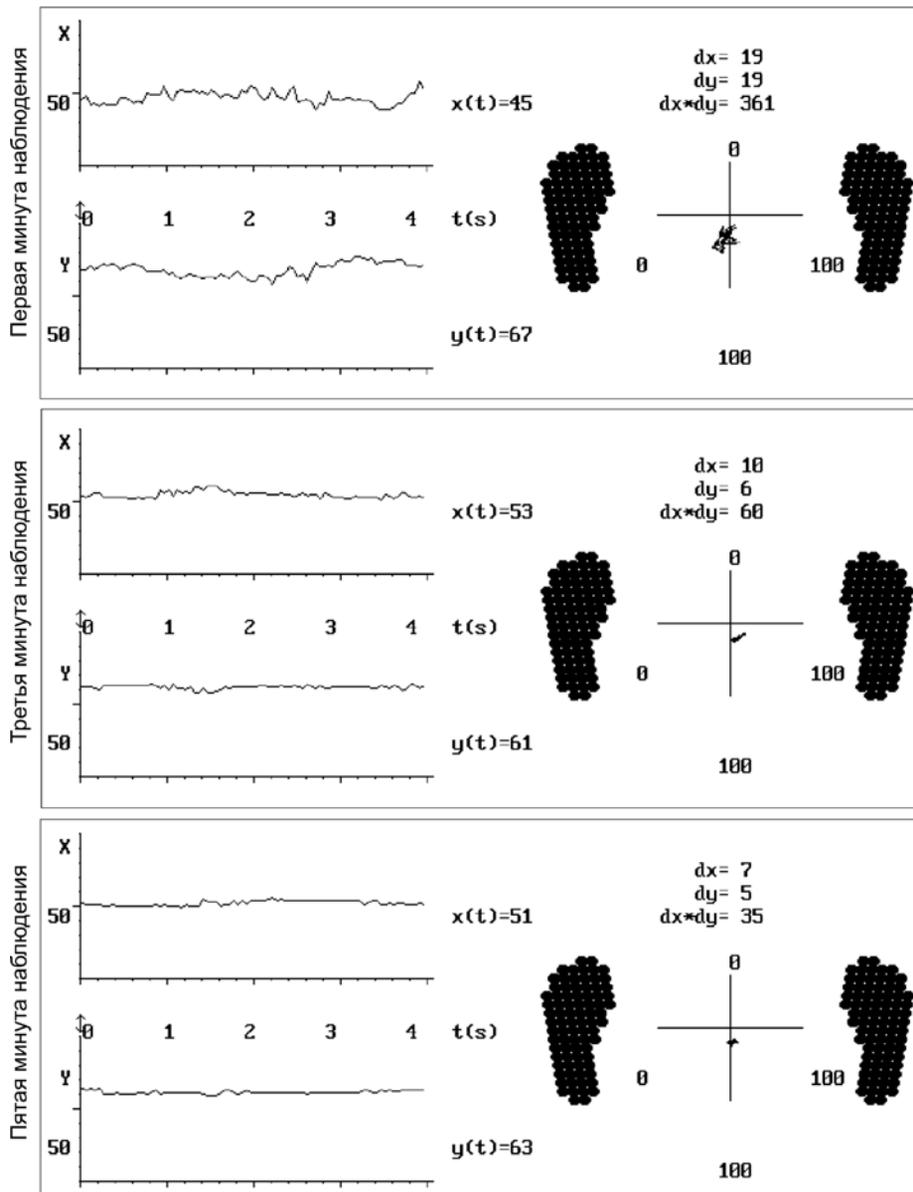


Рис. 1. Выходные формы стабилметрического обследования опорных реакций стоп у здоровой обследуемой, 20 лет, в динамике пяти-минутного наблюдения

дральных отделах и восстанавливающие биомеханическую ось конечности.

Суть обследования заключалась в стабиллографическом определении проекции общего центра давления (ОЦД) с использованием диагностического компьютерного комплекса ORTHO-SYSTEM (Санкт-Петербург, «Биоимитатор»). Каждую минуту, с четырехсекундным интервалом тестирования, при стоянии больного без вспомогательных средств опоры на специальных стельках с механорецепторами проводился стабилметрический мониторинг активности опорных реакций стоп общей продолжительностью от 3 до 5 мин. То есть, с периодичностью дискретизации в 1 минуту с обеих стоп в течение 4 секунд интегрирова-

лись тестируемые опорные реакции и отслеживались девиации общего центра давления. При обследовании регистрировались следующие характеристики опорных реакций: средние значения локализации проекции ОЦД во фронтальном $X(t)$ и сагиттальном $Y(t)$ направлениях, диапазоны варьирования проекции ОЦД в упомянутой системе координат по Dx и по Dy , величина площади варьирования проекции ОЦД — $Dx \cdot Dy$ и среднее расстояние проекции ОЦД от центра системы координат (L). Кроме расчетных значений показателя L все упомянутые характеристики общего центра давления отображались на заключительном этапе стабиллографического обследования в виде следующих выходных форм (рис. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ближайшие (до года) и отдаленные (более года) сроки после проведенного лечения индивидуальные характеристики опорных реакций в отдельных наблю-

дениях изменялись очень существенно, однако при сопоставлении выборочных совокупностей (табл. 1) статистически значимых отличий не обнаружено даже для

Стабилометрические характеристики опорных реакций у больных с гонартрозом до и после лечения в сравнении с нормой (n — число наблюдений)

Выборочные совокупности	Стабилографический параметр (усл. ед.)					
	X(t)	Y(t)	L(vektor)	Dx	Dy	Dx*dy
До лечения (n = 144)	51,79 ± 1,34	63,14 ± 1,31	23,81 ± 0,89	12,56 ± 0,87	10,11 ± 0,61	188,79 ± 38,94
После лечения (n = 232)	52,94 ± 0,97	62,8 ± 1,03	22,3 ± 0,77	11,34 ± 0,61	9,66 ± 0,52	167,94 ± 29,87
t — критерий	0,69518	0,20403	1,283075	1,148188	0,561405	0,424844
Норма (n = 56)	53,8 ± 2,12	55,3 ± 2,09	17,6 ± 1,68	9,72 ± 0,32	8,97 ± 0,34	113,75 ± 5,46
t — критерий	0,80144	3,17844	3,266386	3,063698	1,632407	1,908399

Таблица 2

Стабилометрические характеристики опорных реакций у больных с односторонними гонартрозами до и после лечения в зависимости от стадии заболевания (n — число наблюдений)

	Стадия	Группы	Стабилографический параметр (усл. ед.)					
			X(t)	Y(t)	L(vektor)	Dx	Dy	Dx*dy
Левосторонний гонартроз	Вторая	До лечения (n = 26)	57,48 ± 0,44	69,26 ± 0,45	24,16 ± 0,39	9,703 ± 0,15	8,00 ± 0,11	83,88 ± 2,13
		После лечения (n = 42)	57,21 ± 1,65	64,9 ± 2,08	21,12 ± 1,69	11,21 ± 1,07	8,86 ± 0,75	123,42 ± 22,4
	t-критерий		0,1581	2,048	1,753	1,393	1,135	1,757
	Третья	До лечения (n = 13)	64,11 ± 1,83	69,67 ± 1,61	35,66 ± 1,31	16 ± 1,47	11,44 ± 0,60	229,33 ± 32,52
		После лечения (n = 22)	64,54 ± 2,84	65,86 ± 3,01	25,12 ± 3,01	8,86 ± 1,47	7,27 ± 1,13	95,18 ± 28,77
t-критерий		0,1273	1,116	3,211	3,435	3,259	3,09	
Правосторонний гонартроз	Вторая	До лечения (n = 34)	49,54 ± 0,41	60,94 ± 0,48	21,14 ± 0,33	10,8 ± 0,13	9,74 ± 0,12	113,14 ± 2,28
		После лечения (n = 48)	50,64 ± 1,98	62,19 ± 2,38	20,97 ± 1,84	12,06 ± 1,93	10,67 ± 1,62	266,27 ± 107,1
	t-критерий		0,544	0,514	0,091	0,651	0,573	1,429
	Третья	До лечения (n = 27)	45,76 ± 0,61	61,6 ± 0,64	22,51 ± 0,37	20,44 ± 0,82	13,08 ± 0,58	515,04 ± 43,93
		После лечения (n = 30)	45,33 ± 2,45	60,17 ± 3,1	20,5 ± 2,35	10,77 ± 0,99	10,33 ± 0,98	133,23 ± 26,76
t-критерий		0,1703	0,4517	0,845	7,522	2,415	7,423	

скалярных величин показателей (**Dx**; **Dy**; **Dx*Du**; **L**). Отсутствие статистических различий оказалось крайне неожиданным фактом, поскольку до лечения даже у больных с двухсторонними гонартрозами между выборочными совокупностями пациентов со второй и третьей стадиями заболевания упомянутые показатели стабилометрической активности отличались с высоким уровнем статистической надежности (t-критерий > 7). В сравнении со второй, у пациентов с третьей стадией гонартроза показатель **Dx** составил $11,71 \pm 0,19$ усл. ед. и оказался выше на 45%, **Dy** составил $10,23 \pm 0,17$ усл. ед. и оказался выше на 88%, а показатель **Dx*Du** составил уже $145,7 \pm 5,01$ усл. ед. и оказался выше в 2,5 раза. При этом, как и в общей выборочной совокупности, средние значения параметров локализации общего центра давления у больных с двусторонними гонартрозами также близко располагались от центра системы координат и составили по **X(t)** — $50,21 \pm 0,47$ усл. ед. и по **Y(t)** — $55,85 \pm 0,46$ усл. ед.

Анализ латеральных проявлений асимметрии в стабилометрической активности опорных реакций показал, что на всех стадиях заболевания показатели нестабильности ОЦД у больных при одностороннем поражении с достоверной вероятностью не ниже 0,95 были выше, чем у пациентов с двусторонним заболеванием. Кроме того, при односторонних гонартрозах средние значения локализации ОЦД во фронтальной плоскости значительно дальше располагались от центра системы координат и однозначно зависели от стороны поражения (табл. 2). У пациентов с правосторонним гонартрозом средние значения ОЦД локализова-

лись в левой половине системы координат, а у больных с левосторонним гонартрозом — в правой.

Следует также отметить, что более дифференцированная оценка выборочных совокупностей показала (табл. 2), что статистически достоверный эффект лечения в отношении изучавшихся показателей регистрировался только в группах больных, у которых показатели нестабильности ОЦД до лечения превышали аналогичные показатели в норме (пациенты с третьей стадией заболевания). При этом, чем выше уровень нестабильности ОЦД регистрировался до начала лечения, тем показательней была его стабилизация после лечения и выше критерии достоверности. Если же показатели девиаций ОЦД до лечения не превышали аналогичные показатели в норме, то при клинически положительной динамике обнаруживались ухудшения в поструральном статусе (пациенты со второй стадией заболевания). В ряде случаев (17% от общего числа) наблюдались пациенты, у которых и при 3-й стадии гонартроза значительных изменений в стабильности ОЦД не наблюдалось, хотя градиенты миграции ОЦД при обследовании в различные сроки после лечения существенно изменяли свою направленность (рис. 2).

У здоровых обследуемых латеральные проявления асимметричной активности в опорных реакциях стоп обнаруживались несколько в ином плане. В норме при произвольном стоянии заметных миграций ОЦД не наблюдалось, а место его расположения в 68% случаев находилось справа от центра системы координат, в 32% случаях — слева. При этом, в зависимости от локализации ОЦД при произвольном стоянии и степени

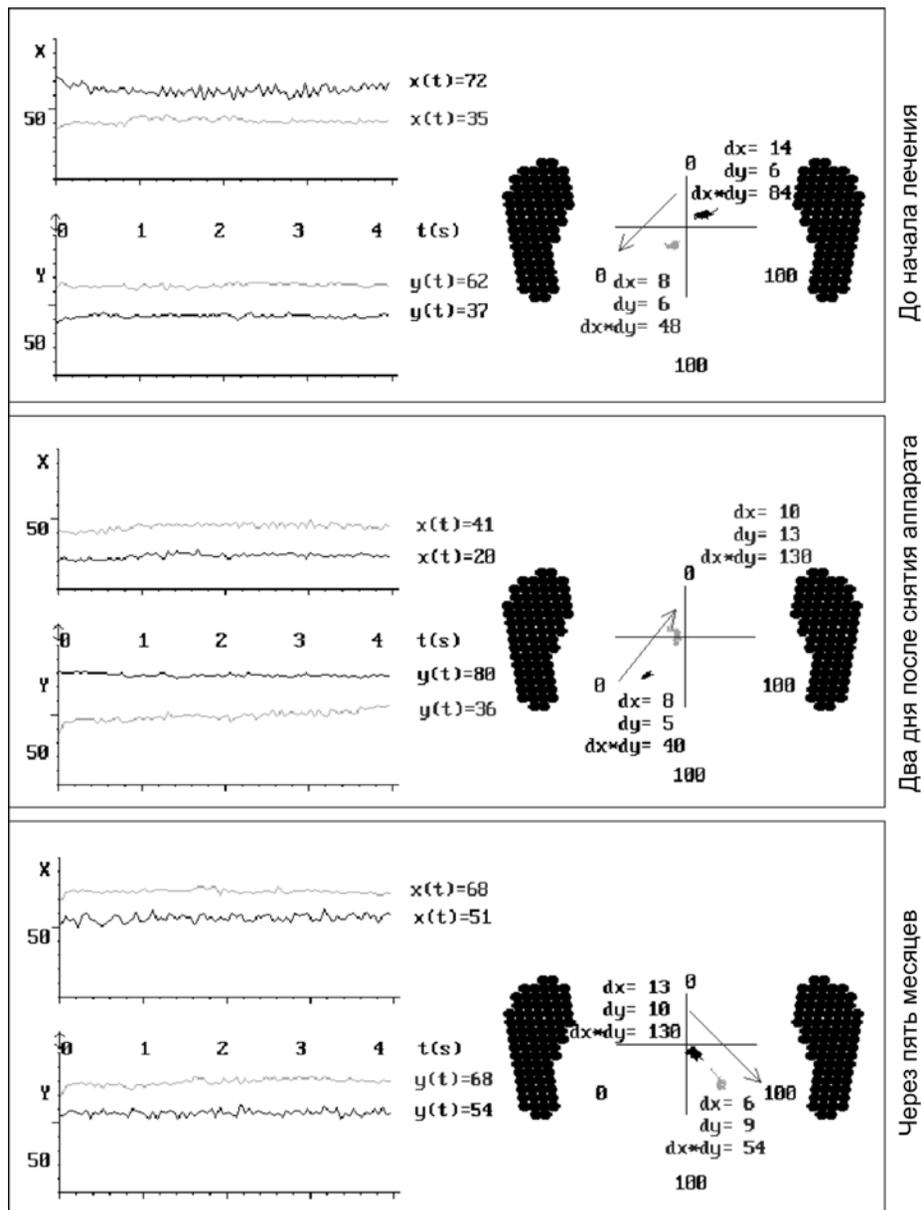


Рис. 2. Изменение направлений миграции общего центра давления при пятиминутном стабилметрическом мониторинге у больного Ч., 48 лет, с правосторонним гонартрозом 3 стадии в различные сроки наблюдения

функционального доминирования, у обследуемых с правосторонней асимметрией ОЦД был более нестабильным при перераспределении опорных нагрузок на левую конечность, а у обследуемых с левосторонней асимметрией — на правую. Более наглядно асимме-

тричная активность опорных реакций проявлялась в том (рис. 3), что даже при небольшой фенотипической асимметрии более высокая нестабильность ОЦД наблюдалась при полном переносе опорной нагрузки на функционально не доминирующую конечность.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ результатов проведенного исследования показал, что параметры, конкретизирующие локализацию ОЦД, отражают распределение опорных нагрузок и характеризуют цель регулирования, а параметры, определяющие диапазон и размах варьирования ОЦД при тестировании — эффективность и надежность течения процессов, регулирующих и контролируемых опорные реакции. Во всяком случае, при анализе опорных реакций в зависимости от тяжести патологии наибольшие значения достоверности различий выявлены для показателей, характеризующих диапазон и пло-

щадь варьирования ОЦД при тестировании. То есть, с увеличением стадии заболевания и тяжести патологии прежде всего нарушается эффективность и надежность процессов, регулирующих опорные реакции. Поэтому во всех группах больных с гонартрозами 3-й стадии диапазоны варьирования ОЦД при тестировании значительно выше, а отличия статистически более надежны, чем у больных со второй стадией заболевания.

Вместе с тем, отсутствие статистически значимой динамики после проведенного лечения совершенно не соответствовало ожидаемым результатам. В ранее

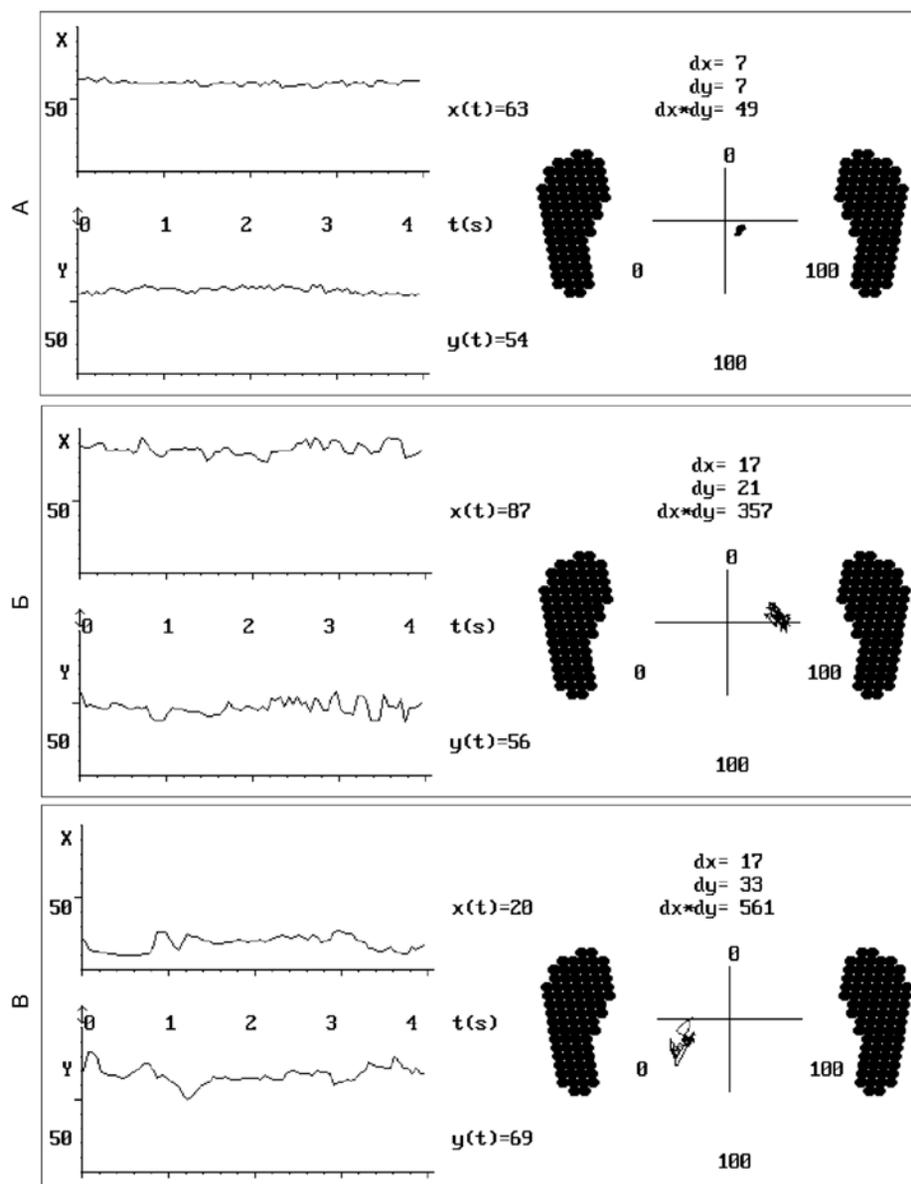


Рис. 3. Стабилографический мониторинг опорных реакций у здоровой обследуемой, 20 лет, при различных вариантах стояния: А — на обеих ногах, Б — на правой конечности и В — на левой конечности

проведенных исследованиях [3, 8, 9] соматические и биомеханические нарушения опорно-двигательного аппарата были значительными, а статокINETические условия при стоянии требовали специальной коррекции, поэтому наблюдавшиеся до лечения асимметрии в активности опорных реакций всегда хорошо отслеживались в положительной динамике реабилитационного процесса. Результаты же проведенного исследования показали, что при менее грубой патологии опорные реакции, контролирующие локализацию ОЦД и зависящие от стороны заболевания, оказывают на его стабильность не менее значительное влияние, чем сама тяжесть заболевания. Конечно, не столь заметное влияние латеральных фенотипических асимметрий обнаруживалось и ранее [10], однако асимметричная активность в опорных реакциях всегда оставалась, и была детерминирована стороной поражения. Во всяком случае, есть все основания полагать, что в особенностях реабилитационного контроля обследованного контингента в обязательном

порядке заложен механизм латерального фенотипического доминирования.

Получается, что в условиях заболевания фенотипические латеральные асимметрии определенным образом взаимодействуют с патологическими. Так, если в норме балансирующая активность опорных реакций нацелена на перераспределение статических нагрузок преимущественно в сторону доминирующей конечности с максимальной стабилизацией ОЦД в области функционального оптимума, то в условиях патологии активность опорных реакций, ко всему прочему, еще направлена на перераспределение статических нагрузок с больной конечности на конечность здоровую. В итоге получается, что если вектор латеральной фенотипической активности имеет одинаковую направленность с патологической активностью опорных реакций (случаи, когда поражена не функционально доминирующая конечность), изменение локализации ОЦД не сопровождается значительным понижением его стабильности. Поэтому до лечения у таких больных даже

с третьей стадией заболевания ОЦД оставался стабильным (рис. 2). Кроме того, попытки пациентов продемонстрировать хороший результат восстановления опорной функции (максимально возможное нагружение больной конечности при стоянии) приводили в таких случаях только к усилению нестабильности ОЦД и, как правило, демонстрировали отрицательную динамику результатов лечения по показателям стабильности опорных реакций (табл. 2). При таких сочетаниях асимметрии патологическая активность опорных реакций маскируется, поэтому, если в выборочных совокупностях у большей части обследуемых асимметрии начинают комбинироваться преимущественно таким образом, методика становится не информативной. В тех же случаях, когда вектор латеральной фенотипической активности направлен противоположно патологической активности (поражена функционально доминирующая конечность) изменения локализации ОЦД сопровождаются значительным усилением его нестабильности еще до начала лечения. В таких ситуациях демонстрация восстановления опорной

функции пораженной конечности в различные сроки после лечения всегда сопровождается стабилизацией ОЦД и положительной динамикой лечения по рассматриваемым показателям. Для обследуемых больных с таким сочетанием форм асимметричной активности используемая методика становится особенно информативной.

Следует отметить, что специфика конкурентных отношений между латеральными фенотипическими и патологическими асимметриями также хорошо проявлялась в соответствующих типах девиации общего центра давления [11]. Оказалось, что в зависимости от того, в какой степени и какая конечность поражена (фенотипически доминирующая или контралатеральная) зависят градиенты перемещений ОЦД в процессе пролонгированного стабилметрического тестирования опорных реакций. Кроме того, становятся понятными и причины, по которым опорные реакции при стоянии у некоторых травматологических и ортопедических больных преобладали на пораженной конечности при далеко не полном ее функциональном восстановлении.

ВЫВОДЫ

1. В норме и при заболеваниях опорно-двигательной системы балансировочная активность опорных реакций стоп и статическая нагрузка на конечности распределены и организованы не равномерно, в ортостатике при произвольном стоянии их активность проявляется в асимметричном расположении общего центра давления и масштабах его девиации.

2. У здоровых обследуемых фенотипические балансировочные асимметрии обусловлены преобладанием латеральной активности опорных реакций стоп со стороны функционально доминирующей конечности. В норме фенотипические асимметрии в активности опорных реакций стабилметрически проявляются в том, что общий центр давления с минимальными девиациями локализуется в зоне функционального оптимума, существенно не меняется в динамике пролонгированного обследования и зависит от стороны функционального доминирования. При произвольном перераспределении опорных нагрузок нестабильность ОЦД нарастает по мере удаления его локализации от места функционального оптимума.

3. У больных с заболеваниями опорно-двигательной системы латеральные фенотипические асимметрии в балансировочной активности опорных реакций стоп

конкурируют с патологическими. При этом от характера конкурентных проявлений в активности опорных реакций зависит информативность стабилметрического контроля над процессами функциональной реабилитации и статистическая достоверность сопоставительных оценок между выборочными совокупностями.

4. При поражении функционально доминирующей конечности конкурентные отношения между асимметриями проявляются в полной мере, наблюдаются максимальные изменения в активности опорных реакций стоп и регистрируются наибольшие значения нестабильности общего центра давления. Стабилметрические характеристики девиаций ОЦД хорошо отслеживают тяжесть заболевания и информативны при осуществлении реабилитационного контроля.

5. При поражении функционально не доминирующей конечности патологическая активность опорных реакций маскируется, наблюдаемые изменения в локализации общего центра давления сопровождаются минимальными изменениями в активности опорных реакций стоп. Стабилметрические параметры активности опорных реакций не отслеживают тяжести заболевания и становятся не информативными для осуществления реабилитационного контроля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корниенко Л. В. Влияние состояния коленных суставов на постуральную регуляцию // Врач. 2007. № 7. С. 67–68.
2. Особенности баланса вертикальной стойки у больных остеоартрозом коленных суставов пожилого возраста / С. В. Королева [и др.] // Клиническая геронтология. 2007. № 2. С. 19–24.
3. Оценка состояния тазобедренного сустава у больных с врожденным вывихом бедра методом УСГ и стабилметрии / М. П. Тепленький, Т. И. Менщикова, Д. В. Долганов, Т. И. Долганова // Дальневосточный мед. журнал. 2003. № 2. С. 5–7.
4. Скворцов Д. В. Клинический анализ движений, стабилметрия. М., 2000. 189 с.
5. Скворцов Д. В. Стабилметрия — инструментальная диагностика функции равновесия, опорно-двигательной системы и сенсорных систем // Функциональная диагностика. 2004. № 3. С. 78–85.
6. Способ и устройство для лечения гонартроза: пат. 2212204 Рос. Федерация. № 99117685/14; заявл. 05. 08. 1999; опубл. 20. 09. 2000, Бюл. № 26.
7. Способ лечения остеоартроза: пат. 2270629 Рос. Федерация. № 2004109279; заявл. 29. 03. 2004; опубл. 27. 02. 2006, Бюл. № 6.
8. Стабилметрическое исследование статической устойчивости у больных с анкилозом тазобедренного сустава в порочном положении / В. И. Шевцов, Т. И. Долганова, Д. В. Долганов, И. А. Аتمانский // Рос. журн. биомеханики. 1999. Т. 3, № 4. С. 49–55.

9. Стабилометрическое исследование статической устойчивости у больных с неоартрозом наацетабелярной области / Т. И. Долганова, Е. А. Волокитина, Д. В. Долганов, И. А. Атманский // Гений ортопедии. 1999. № 1. С. 14–17.
 10. Стабилометрические характеристики опорных реакций у больных с гонартрозом при произвольном стоянии / Д. В. Долганов, Т. И. Долганова, О. К. Чегуров, В. Д. Макушин // Актуальные вопросы ортопедии, травматологии и нейрохирургии: сб. статей. Казань. 2001. С. 195–197.
 11. Характеристики опорных реакций у больных с гонартрозом при стабилометрическом мониторинге / В. И. Шевцов, Д. В. Долганов, Т. И. Долганова, О. К. Чегуров // Рос. журн. биомеханики. 2002. Т. 6. № 1. С. 69–78.
-

Рукопись поступила 12. 07. 11.

Сведения об авторах:

1. Шевцов Владимир Иванович — д. м. н., профессор.
2. Долганов Дмитрий Владимирович — старший научный сотрудник лаборатории физиологии, к. б. н.
3. Чегуров Олег Константинович — ФГУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г. А. Илизарова» Минздравсоцразвития России, заведующий лабораторией реконструктивного эндопротезирования и артроскопии, д. м. н.
4. Макушин Вадим Дмитриевич — ФГУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г. А. Илизарова» Минздравсоцразвития России, г. н. с. лаборатории патологии суставов, д. м. н., профессор.
5. Долганова Тамара Игоревна — ФГУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г. А. Илизарова» Минздравсоцразвития России, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии, д. м. н.
6. Сазонова Наталья Владимировна — ФГУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г. А. Илизарова» Минздравсоцразвития России, заведующая консультативно-диагностическим отделением, д. м. н.