

КЛИНИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ АНАЛИЗА ПАТОЛОГИЧЕСКОЙ ПОХОДКИ

Д.В. Скворцов

Научно-медицинская фирма МБН, Москва

Концептуальный подход к анализу патологической походки требует использования специальной аппаратуры и пока остается малоразработанным. Предложен подход, предусматривающий разделение симптоматики на неспецифическую (замедление ходьбы) и специфическую — патогномоничную. Выделены уровни компенсации двигательной патологии. Уровень ипсилатеральной конечности — механизмы компенсации затрагивают структуры только данной конечности. Уровень межконечностного взаимодействия — в процесс компенсации вовлекается здоровая конечность. Сформулировано несколько основных правил. Перераспределение функций — здоровая конечность выполняет преимущественно функцию опоры, а больная — преимущественно функцию переноса. Функциональное копирование — здоровая конечность копирует функцию больной с целью уменьшения функциональной асимметрии. Обеспечение оптимума — изменение функции здоровой конечности дает возможность больной двигаться в режиме, максимально приближенном к нормальному. На уровне таза и поясничного отдела позвоночника происходит балансировка движений нижних конечностей, и туловище остается относительно стабильным. На уровне движений туловища и верхних конечностей производится терминальная балансировка при ходьбе. При невозможности достижения баланса используются костыли, трости и др. — уровень средств дополнительной опоры. Невозможность самостоятельного передвижения на ногах приводит к необходимости использования других видов локомоции или механических средств — уровень локомоции, отличной от ходьбы.

Conceptual approach to pathological gait analysis requires special equipment and is insufficiently elaborated. Suggested approach divides the pathological gait symptoms into nonspecific (walking slowing-down) and pathognomic ones. The levels of motion pathology compensation are distinguished: ipsilateral level - compensatory mechanisms affect the structures of the injured limb only, bilateral interaction level - compensatory processes affect healthy and injured limbs. Several main rules are formulated. Redistribution of functions - healthy limb performs mainly the weight bearing function, while injured limb performs mainly the transfer function; functional imitation - healthy limb imitates the function of the injured one to decrease the functional asymmetry; provision with optimum - to change the healthy limb function so that to approach the walking close to norm. Balance of lower extremities motion takes place at the level of pelvic and lumbar spine but the trunk remains relatively stable. Terminal balance at walking is performed at the level of trunk and upper extremities motion. If the balance is impossible the crutches and sticks are used - level of additional support. Impossibility to walk results in the use of other types of locomotion or other additional mechanical devices - level of locomotion different from walking.

Наиболее часто применяемым методом исследования двигательной функции сегодня остается исследование походки [2–4, 6, 7]. Несмотря на обширную литературу, общие концепции анализа патологической походки носят описательный [6, 7] или моноклинический [5] характер. На этом фоне выделяется работа А.С. Витензона [1], в которой имеются подходы к анализу патологической походки с позиций нейрофизиологии и патомеханики. Однако концептуальные подходы к анализу патологической походки в ортопедо-травматологической практике остаются малоразработанными.

Материал и методы

Проведено обследование 50 здоровых взрослых лиц (норма) с помощью разработанного аппаратно-программного комплекса «МБН-Биомеханика» и на аппаратуре предшествующих моделей.

Кроме того, обследованы:

— 65 пациентов, перенесших закрытые внутрисуставные односторонние переломы пяточной кости (на базе кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ Ивановской государственной медицинской академии и Областного госпиталя инвалидов Отечественной войны). Больным проводилось оперативное лечение с помощью аппарата внеочагового чрескостного остеосинтеза, а также приставки к аппарату для репозиционирования переломов со смещением наружной суставной фасетки пяточной кости (а.с. 1273090 СССР от 1.08.86). Отдаленные исходы изучены в сроки от 1 года до 2 лет после травмы. Использован гониометр для регистрации движений в голеностопном и подтаранном суставах (а.с. 1489722 СССР от 1.03.89);

— 7 больных в периоде реабилитации после закрытых переломов костей голени в средней трети (на базе Областного госпиталя инвалидов Отечественной войны и кафедры травматологии, орто-

педии и ВПХ Ивановской государственной медицинской академии). Проведено 14 исследований в интервале от 1 до 2 мес от начала нагружения поврежденной ноги;

— 49 пациентов с поясничным остеохондрозом в различных стадиях обострения (на базе отраслевой научно-исследовательской лаборатории реабилитации Ивановской государственной медицинской академии);

— 28 больных детским церебральным параличом (41 исследование) с патологией различной степени тяжести (на базе Московской городской клинической больницы № 18).

В работе использованы методы исследования оригинального исполнения: *подометрия* двух- и четырехконтактная на металлической дорожке и дорожке из электропроводной резины; *гониометрия* одно- и двухкомпонентная с помощью гонометров на основе потенциометрических датчиков и на основе оптоэлектронных датчиков (трехкомпонентная); *ихнометрия* импрегнационная и электронная; *регистрация реакций опоры* на динамометрической платформе ПД-3А и цифровой платформе оригинального исполнения; *поверхностная электромиография* с помощью электромиографа МГ-440 и специализированного 4-канального оригинальной конструкции.

Регистрация данных производилась чернильно-пишущими или тепловыми самописцами типа НЗ38-4П, ЭЛКАР-4, двухкоординатным самописцем ЛКД4-003 с последующим ручным вводом и обработкой на ЭВМ или прямым вводом в компьютер через СОМ-порт на комплексе «МБН-Биомеханика». Параметры походки исследовались при произвольном среднем темпе ходьбы обследуемого.

Концепция анализа патологической походки и его результаты

Собственно компенсаторные реакции можно подразделить на специфические (для данного вида патологии) и неспецифические, являющиеся общей реакцией на патологию. Однако при анализе результатов исследований не уделяется должного внимания дифференцировке общих (неспецифических) и специфических (патогномоничных) симптомов. В контексте диагностики и дифференциальной диагностики различной двигательной патологии этот вопрос приобретает особое значение. Поэтому нами выделены неспецифические симптомы и прослежена их динамика [3].

Неспецифическая симптоматика характеризует способность обследуемого совершать самостоятельные передвижения в пространстве. Поскольку типичная реакция на патологию состоит в уменьшении скорости ходьбы, то симптомокомплекс *замедления ходьбы* и представляет собой неспецифическую симптоматику.

Компенсаторные механизмы могут включать различные уровни. Ниже мы приводим их в по-

рядке возрастания по количеству включений сегментов тела.

Уровень ипсилатеральной конечности. Первой к изменившимся условиям ходьбы начинает адаптироваться пораженная конечность. При сохранении опорной и двигательной функции начинается процесс развития компенсаторных механизмов (перестройки движений). Типичный пример компенсации этого вида был обнаружен при исследовании походки пациентов с отдаленными последствиями переломов пяточной кости. Патология движений во фронтальной плоскости на уровне голеностопного сустава компенсируется непосредственно на этом же уровне поворотом стопы вовнутрь, что приводит к фронтализации оси движений голеностопного сустава и *функциональной* иммобилизации в поврежденном подтаранном суставе. Уменьшение угла разворота больной конечности по сравнению со здоровой выявлено у 48,6% обследованных. Данное отличие достоверно в группе хороших исходов: больная сторона — 7,8°, здоровая — 10,2° ($p < 0,05$).

В компенсаторный процесс могут вовлекаться все суставы пораженной конечности. Типичная реакция — снижение общей амплитуды движений в суставах больной конечности по сравнению с нормой и здоровой конечностью (табл. 1).

Перестройка движений происходит как в суставе ниже уровня патологии (голеностопный), так и выше него (коленный и тазобедренный). У больных, перенесших переломы костей голени, на больной стороне определяется значительная (до 15°) амплитуда разгибания в тазобедренном суставе в конце периода переноса, за счет чего осуществляется постановка ноги на опору. В норме этот показатель колеблется в пределах 3–5°. В результате реабилитационных мероприятий амплитуда разгибания в тазобедренном суставе возвращается к своему нормальному значению.

Уровень межконечностного взаимодействия. При невозможности компенсации только с использованием функциональных возможностей пораженной конечности в процесс вовлекается здоровая контралатеральная конечность. Выделены следующие механизмы компенсации данно-

Т а б л и ц а 1

Амплитуда движений в суставах нижней конечности (в град.) в группе больных с закрытыми переломами костей голени ($M \pm m$)

Сустав	Сторона		Норма
	больная	здоровая	
Тазобедренный	24,5±1,5	35,2±1,4	39
Коленный	38,8±4,7	51,3±0,89	60
Голеностопный	16,6±3,98	14,5±2,15	20

Таблица 2

го уровня: общие и механизмы компенсации относительно короткой или длинной конечности. К общим механизмам относятся:

Перераспределение функций — здоровая конечность выполняет преимущественно функцию опоры, а больная — преимущественно функцию переноса. Наличие данного механизма отмечено нами в группе больных, перенесших перелом пяточной кости с удовлетворительным и плохим исходом ($p < 0,001$ и $p < 0,05$ соответственно), и в группе больных с закрытыми переломами костей голени ($p < 0,05$). Во всех случаях период опоры у здоровой конечности был существенно больше, чем у больной (табл. 2).

Следствием действия этого механизма является перераспределение кинематики между конечностями. Амплитуда движений в суставах конечности в сагиттальной плоскости на здоровой стороне больше, чем на больной. Это особенно выражено для тазобедренного сустава как определяющего длину шага. Так, в группе больных с последствиями переломов пяточной кости длина шага больной конечности больше, чем здоровой (табл. 3). Это различие достоверно только для больных с удовлетворительным исходом ($p < 0,005$).

У больных с закрытыми переломами костей голени средняя амплитуда движений в тазобедренном суставе на больной стороне была меньше, чем на здоровой, на 11° (см. табл. 1). То же отмечено и в группе больных ДЦП, где у 68% обследованных имелась существенная асимметрия функции конечностей (амплитуда движений в тазобедренном суставе $30,6 \pm 2,0$ и $42,9 \pm 1,45^\circ$ соответственно для менее активной и более активной стороны).

Функциональное копирование — здоровая конечность копирует функцию больной с целью уменьшения функциональной асимметрии. Подтверждение этого эффекта получено нами в следующих группах больных.

В группе больных с закрытыми односторонними переломами пяточной кости в отдаленном периоде после травмы статистически достоверно по сравнению с нормой было увеличено время переката через пятку как на больной, так и на здоровой ноге при хорошем ($p < 0,05$) и удовлетворительном ($p < 0,001$) исходе и только на здоровой ноге при плохом исходе ($p < 0,05$). У больных с хорошим исходом отмечалось двустороннее увеличение времени опоры на всю стопу ($p < 0,001$ и $p < 0,02$ для здоровой и больной стороны соответственно).

Наиболее характерно проявление этого механизма у больных с поясничным остеохондрозом. Несмотря на то что симптоматика поражения имелась у них только с одной стороны, результаты измерения реакций опоры при ходьбе для обеих конечностей оказались близкими во всех

Продолжительность периода опоры (в % от цикла шага) в группах больных с последствиями переломов пяточной кости и с переломами костей голени ($M \pm m$)

Группа больных	Конечность		Норма
	больная	здоровая	
С последствиями переломов пяточной кости:			
удовлетворительный исход	62,9±0,4	65,7±0,4	
плохой исход	63,6±0,9	66,9±1,4	63,6±0,2
С переломами голени	65,6±2,5	77,8±1,9	

подгруппах (табл. 4). При этом все характеристики обладали значительной симметрией, что демонстрировалось во всех четырех подгруппах обследованных. Различия их не обнаруживались статистически ($p > 0,05$). Особенность ходьбы больных этой группы — выключение движений в пораженном поясничном отделе позвоночника, поэтому функционально нижние конечности не могут быть существенно асимметричны. Функциональная асимметрия привела бы к асимметричным нагрузкам конечностей, сотрясениям и движениям таза, а следовательно, и поясничного отдела позвоночника. Характерно значительное снижение амплитуд как вертикальной, так и продольной составляющей реакции опоры, что особенно выражено для переднего толчка. Такое уменьшение величины реакции опоры снижает ударную нагрузку на опорно-двигательный аппарат при переносе веса тела на впереди стоящую ногу и, следовательно, на пораженный поясничный отдел позвоночника.

Обеспечение оптимума — изменение функции здоровой конечности дает возможность больной двигаться в режиме, максимально приближенном к нормальному. Данный механизм обнаружен в группах больных с последствиями переломов пяточной кости и после переломов костей голени.

Из табл. 2 видно, что соотношение периодов опоры и переноса на стороне больной конечности

Таблица 3

Длина шага (в см) в группах больных с последствиями переломов пяточной кости ($M \pm m$)

Группа больных	Конечность		Норма
	больная	здоровая	
С хорошим исходом	61,5±1,0	59,0±0,1	
С удовлетворительным исходом	59,9±1,4	55,5±1,6	71,2±1,5
С плохим исходом	56,8±2,7	53,8±3,5	

Средние значения экстремумов реакции опоры (в % от веса тела)

Стадия поясничного остеохондроза	Больная сторона					Здоровая сторона				
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Y ₁	Y ₂	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Y ₁	Y ₂
Острая	94	84	103	6	10	97	84	107	7	13
Подострая	103	77	103	9	15	106	77	103	11	15
Реконвалесцентная	115	76	101	14	16	115	72	104	14	16
Ремиссия	111	75	115	13	19	113	68	116	15	18
Норма	113	78	113	18	19	113	78	113	18	19

Обозначения: Z₁ и Z₃ — первый и второй максимумы вертикальной составляющей, Z₂ — минимум между ними; Y₁ и Y₂ — первый и второй экстремумы продольной составляющей.

соответствует норме, тогда как на здоровой стороне существенно отличается от нее.

Анализ гониограмм больных, перенесших перелом костей голени, показал, что движения в суставах больной конечности у них меньше отличаются от нормы, чем здоровой. Количественные отличия сводятся лишь к снижению амплитуды движений в суставах (см. табл. 1) и уменьшению величины второго подошвенного сгибания в голеностопном суставе на больной стороне, что, очевидно, связано с длительной иммобилизацией и последующей недостаточностью трехглавой мышцы голени. Качественные различия говорят о существенном изменении функции суставов здо-

ровой конечности (табл. 5). Формируются сгибательная установка коленного сустава и установка голеностопного в положении тыльного сгибания (т.е. полусогнутая конечность), движение переразгибания в коленном и дополнительные движения в голеностопном суставе.

Механизмы компенсации относительного функционального укорочения (сгибание суставов) или удлинения нижней конечности (разгибание суставов) описаны в литературе. Остается добавить, что в ряде случаев для компенсации могут использоваться преимущественно движения таза во фронтальной плоскости. Таким образом, имеется вовлечение вышележащего уровня.

Т а б л и ц а 5

Симптомы изменения функции суставов нижней конечности при ходьбе у больных после закрытых переломов костей голени

Сустав	Больная сторона	Здоровая сторона
Тазобедренный	Без особенностей	Увеличение амплитуды сгибания в начале и в конце цикла шага
Коленный	Дополнительная волна в периоде опоры	Сгибательная установка
	Увеличенная амплитуда первого сгибания	Замещение сгибания разгибанием в начале цикла шага
	Уменьшенная амплитуда второго сгибания	Увеличение амплитуды второго сгибания
Голеностопный	Отсутствие или уменьшение второго подошвенного сгибания	Дополнительные волны в середине периода опоры Установка в положении тыльного сгибания

Уровень таза и поясничного отдела позвоночника. Содружественное действие таза и поясничного отдела позвоночника позволяет уменьшить функциональную асимметрию. Таз выполняет роль балансира-компенсатора между нижними конечностями и верхней частью туловища, а поясничный отдел позвоночника восполняет колебания последнего. Включение компенсаторных движений данного уровня наблюдалось нами у больных в группах с переломами костей голени и с ДЦП. В первой из этих групп при опоре на больную конечность отмечался наклон таза в ту же сторону, если пациент не использовал средства дополнительной опоры. Это механизм компенсации недостаточности средней и малой ягодичных мышц на больной стороне, которая является следствием длительного отсутствия физиологической нагрузки на конечность. Ходьба больных с ДЦП характеризуется на этом уровне различными типами движений, на которые оказывают влияние приводящие контрактуры тазобедренных суставов или относительно длинная конечность в периоде переноса за счет снижения амплитуды сгибания в коленном суставе. У 10 больных была выражена асимметрия движений таза, отражавшаяся на гониограммах отведения—приведения в тазобедренных суставах. У 6 пациентов, пользовавшихся средствами дополнительной опоры, эти движения были незначительны

вследствие выключения действия данного уровня. Другой пример выключения влияния этого уровня — группа больных с поясничным остеохондрозом, при котором используются механизмы компенсации на нижележащих уровнях.

Уровень туловища и верхних конечностей. На этом уровне осуществляется терминальная балансировка тела во время ходьбы. После вовлечения в процесс балансировочных движений туловища и верхних конечностей оказываются исчерпанными ресурсы практически всей кинематической цепи. Движения туловища и верхних конечностей для дополнительной балансировки тела использовались всеми пациентами с закрытыми переломами костей голени в начале нагрузки на больную конечность при попытке ходить без средств дополнительной опоры, а также больными ДЦП, пользующимися средствами дополнительной опоры в обычной жизни, но сохраняющими возможность ходьбы без них, при ходьбе без средств дополнительной опоры (21 пациент).

Уровень средств дополнительной опоры. Невозможность эффективной компенсации патологической локомоции на предшествующем уровне, а также необходимость динамической нагрузки больной конечности оставляет только один путь для самостоятельной ходьбы — использование средств дополнительной опоры. Среди больных с отдаленными последствиями переломов пяточной кости это относилось к пациентам с плохим результатом лечения. Необходимость использования трости в данной группе связана с наличием болевого синдрома при нагрузке на больную конечность из-за развития в поврежденном подтаранном суставе деформирующего остеоартроза. В группе больных остеохондрозом поясничного отдела позвоночника это пациенты с острой формой. Применение средств дополнительной опоры необходимо для разгрузки позвоночника ввиду болевого синдрома. Из 28 обследованных детей с ДЦП шестеро не могли передвигаться без средств дополнительной опоры, из оставшихся половина предпочитали в обычной жизни пользоваться тростью или другими приспособлениями. Группа больных с закрытыми переломами костей голени обследовалась с начала периода наступания на больную конечность, что заведомо связано с привлечением дополнительных средств опоры. При этом больные использовали трость не только для разгрузки больной конечности (среднее усилие, прикладываемое к трости, — 37,9% от веса тела), но и для создания дополнительного толчка, так как максимум усилия на трость приходился на конец опоры — начало переноса больной конечности.

Уровень локомоции, отличной от ходьбы. При невозможности или неэффективности самостоятельного передвижения путем ходьбы остается только переход к принципиально иному виду ло-

комоции, например к брахиации или передвижению с помощью механических средств. Среди обследованного нами контингента таких больных не было. Это связано с тем, что для исследования патологической походки отбирались пациенты, которые имели возможность ходить самостоятельно без применения или с применением средств дополнительной опоры.

Взаимодействие уровней. Как правило, в результате обследования пациента можно обнаружить, что включаются сразу несколько уровней компенсации. Поэтому возможны два основных варианта: изолированное включение одного уровня и комбинированное включение двух и более уровней. Очевидно, что чем выше лежит привлекаемый уровень компенсации, тем больше затраты организма и меньше остающиеся функциональные резервы.

Выводы

1. Анализ данных обследования групп пациентов с последствиями переломов костей нижних конечностей, поясничным остеохондрозом и ДЦП на основе предложенной концепции функционального анализа патологической походки показал, что данный подход позволяет проводить эффективное дифференцирование неспецифической и специфической двигательной симптоматики.

2. Обнаружено, что в отдаленные сроки после закрытых внутрисуставных переломов пяточной кости происходит уменьшение угла разворота стопы, чем достигается снижение амплитуды движений в поврежденном подтаранном суставе; у больных с закрытыми переломами костей голени в период начала ходьбы с опорой на больную ногу значительно уменьшена амплитуда второго подошвенного сгибания в голеностопном суставе на стороне повреждения; для больных поясничным остеохондрозом характерно однотипное изменение реакций опоры при ходьбе с уменьшением активности переднего толчка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Витензон А.С. Закономерности нормальной и патологической ходьбы человека. — М., 1998.
2. Журавлев А.М. и др. Хирургическая коррекция позы и ходьбы при детском церебральном параличе. — Ереван, 1986.
3. Скворцов Д.В. Клинический анализ движений: Анализ походки. — М., 1996.
4. Фарбер Б.С., Витензон А.С., Морейнис И.Ш. Теоретические основы построения протезов нижних конечностей и коррекции движений: Сб. трудов ЦНИИПП в 4 томах. — М., 1995.
5. Gage J.R. Gait analysis in cerebral palsy. — Mac Keith Press, 1991.
6. Perry J. Gait analysis normal and pathological function. — SLACK Incorporated, 1992.
7. Whittle M.W. Gait analysis: An introduction. — Butterworth Heinemann, 1991.