

## ПЕРВЫЙ ШАГ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ БИОМЕХАНИКИ

А. А. Тяжелов, М. Ю. Карпинский

Институт патологии позвоночника и суставов им. проф. М.И. Ситенко АМН Украины

В настоящее время оценка функции опорно-двигательного аппарата человека основывается на исследовании параметров походки. Для этой цели используются методики подографии и определения опорных реакций при ходьбе. Эти методики предназначены для исследований сложившегося стереотипа походки, первый и последний шаг, как правило, не учитываются при расчетах. Это, на наш взгляд, снижает их эффективность, особенно при начальных стадиях заболеваний, так как в процессе ходьбы работает устойчивый комплекс компенсаторно-приспособительных реакций, а также используется сила инерции движущейся массы тела. Как показали наши исследования, процесс подготовки к движению не менее интересен, чем сама походка. Идет процесс перехода от статического равновесия (стояние) к динамическому (ходьба), компенсаторные механизмы, задействованные в статике, уже не работают, а те которые используются при ходьбе — еще не включились. В этот момент происходит тончайшая перенастройка опорно-двигательного аппарата, выражающаяся в перемещениях общего центра масс между опорной и маховой конечностями. Первая попытка исследований переходного процесса от стояния к ходьбе с целью выявления его диагностических особенностей была предпринята в лаборатории биомеханики ХНИИОТ в 1984 году З.М.Мителевой и С.И.Павленко (а.с. №1114395). Однако в дальнейшем этому элементу ходьбы не уделялось достаточного внимания. В данной работе мы попытаемся разобраться в механизме подготовки опорно-двигательной системы к первому шагу.

### Материалы и методы

Исследования проводились с помощью 4-х платформенного статографа, разработанного лабораторией биомеханики ХНИИОТ совместно с ПО «Коммунар» [2, 3]. Обследуемый устанавливался на статограф и ему предлагалось перейти со статографа на установленную рядом с ним платформу, выполненную равной по высоте измерительной платформе статографа. После этого пациент устанавливался в исходное положение на статографе и выполнялся шаг другой ногой. Результаты исследова-

ний обрабатывались по методике З.М.Мителевой и С.И.Павленко [1].

### Результаты и их обсуждение

При исследовании переходного процесса от стояния к ходьбе «первый шаг» получены характерные кривые (см. рис.), отражающие перемещение проекции ОЦМ в площади опоры. Рассмотрим основные этапы этого процесса.

«Нормальная» кривая перемещения проекции ОЦМ характеризуется следующими особенностями:

— отрезок АВ «первичный откат» — смещение проекции ОЦМ кзади и в сторону конечности, с которой начинается движение, т.е. вес переносится больше на задний отдел стопы той конечности, с которой начинается движение (маховая конечность). Эта фаза обусловлена необходимостью создать запас инерции для начала движения. Длина отрезка АВ прямо зависит от предполагаемой скорости начала движения, то есть, чем быстрее предполагается двигаться, тем быстрее и дальше необходимо бросить тело вперед, тем, соответственно, больший запас инерции необходимо создать для этого и тем дальше назад необходимо отклонить корпус. Эту фазу подготовки к ходьбе можно сравнить с инерционной игрушкой, у

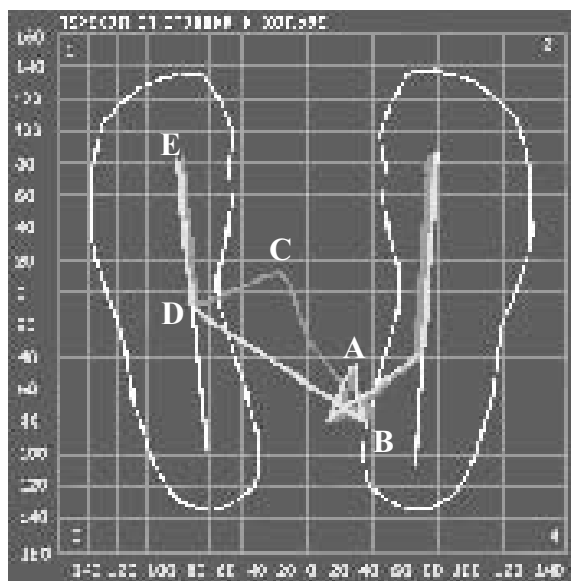


Рисунок.

Статограмма первого шага больного с поясничным остеохондрозом

которой скорость и дальность движения прямо зависит от того, насколько сильно удастся закрутить маховик в обратную сторону. Угол наклона отрезка АВ к оси Х колеблется в пределах 10-60° и зависит от возможностей обследуемого нагружать передний и задний отделы стоп;

– следующая фаза – кривая ВD с вершиной С, отрезок ВС – восходящая часть кривой характеризуется смещением ОЦМ вперед и в сторону опорной ноги (вес тела переносится на опорную ногу. Нога, с которой начинается движение, разгружается, таз начинает движение вслед за туловищем, сообщая энергию движущейся ноге. Когда маховая нога приобретает достаточную инерцию, стопа еще не оторвана от опоры (точка С), но движение началось, туловище отклоняется назад и в сторону опорной ноги, как бы компенсируя инерцию движущейся маховой ноги (точка D). В этот момент в точке D маховая нога набрала достаточную инерцию и отрывается от опоры. Эта фаза является отражением реакции элементов ОДА на команды “системы управления”. Как известно из начального курса геометрии, кратчайшее расстояние между двумя точками – прямая, следовательно, наиболее экономичная траектория перемещения ОЦМ – прямая ВD. При адекватной реакции системы на “сигналы управления” траектория движения ОЦМ должна приближаться к “идеальной” (примером может служить траектория шага с опорой на правую ногу, приведенная на рис.). На ослабленной стороне кривая резко отличается от “идеала”. Здесь мы наблюдаем как мышцы спины не успели погасить инерцию туловища, проекция ОЦМ переместилась

### Литература

1. Мителева З.М., Павленко С.И. Новый способ диагностики нарушений функций крупных суставов нижней конечности // Медицинская биомеханика. Тез. докл. Междунар. конф. “Достижения биомеханики в медицине”. Рига: ЛатвНИИТО, 1986.
2. Система для комплексной оценки состояния опорно-двигательного и вестибулярного аппарата челове-

кпереди дальше, чем это было необходимо (участок ВС), и вынуждены были возвращать корпус назад (участок CD). Как нам кажется, кривая ВD требует особо пристального изучения, как наиболее информативная часть траектории ОЦМ;

– точка D – момент отрыва маховой ноги от плоскости опоры;

– отрезок DE отображает собственно процесс ходьбы. Маховая нога переносится вперед и становится опорной, корпус также двигается вперед, опорная стопа осуществляет перекаат и в точке E отрывается от плоскости опоры.

Таким образом, в переходный период от стояния к ходьбе туловище совершает ряд колебательных движений, необходимых для осуществления первого шага.

### Заключение

Как показали наши исследования, переход от стояния к ходьбе очень тонкий процесс балансировки общего центра масс между маховой и опорной конечностями. Сложность его исследований обусловлена малыми амплитудами движения (20-60 мм) на очень коротком промежутке времени (порядка 0,1 с). Все самое интересное происходит именно во время подготовки к движению, до отрыва маховой конечности от плоскости опоры. В этот период происходит срыв компенсаторных реакций, связанный с изменением функционального состояния опорно-двигательного аппарата. Поэтому даже незначительные патологические нарушения в любом элементе ОДА отражаются на форме кривых перемещения ОЦМ при первом шаге.

ка – “Статограф” / Мителева З.М., Карпинский М.Ю., Кокоровец В.Я., Кружилин Г.И. // Медицина и... 1997. №1.

3. Мителева З.М., Карпинский М.Ю. Автоматизована система для дослідження динамічних функцій опорно-рухового апарату людини // Реєстр №48/7/7 Медико-біологічних і науково-технічних нововведень. 1997. №7.