

## СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЦЕПЬ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ЧЕЛОВЕКА

<sup>1</sup> Гродненская областная детская клиническая больница, Республика Беларусь,  
<sup>2</sup> Гродненский государственный медицинский университет

Человеческое тело обладает одновременно сложной, но вместе с тем такой надёжной биомеханикой, которая исходит из очень простых, но феноменальных механических принципов. Тело должно выполнять множество функций: оно позволяет человеку держаться прямо и передвигаться, сохраняя при этом равновесие. Основной формообразующей функцией скелета является ходьба. В описании этапов механического движения мы пользовались терминами классической механики, что позволяет лучше понять данный процесс. Движения в позвонках и позвоночном столбе в целом, при ходьбе совершаются под влиянием движений тазового пояса. В свою очередь последний приводят в движение тазобедренные суставы. Анализируя функции мышц, участвующих в движениях тазобедренных суставов, обращает на себя внимание то, что из 20 мышц 12 супинируют бедро, причем 6 из последних выполняют только эту функцию. Если учесть количество мышц-супинаторов, их топографию и массу мышечных волокон, выходит, что суммарная сила указанных превалирует над суммарной силой мышц, обеспечивающих все другие движения. Анатомическим и клиническим подтверждением превалирования силы мышц-супинаторов бедра являются: угол 20–30 градусов между осью шейки бедра и поперечной осью мышечков бедра, а также пятточно-затылочная поза человека при опистотонусе, что возможно только при сочетании разгибания в тазобедренных суставах и супинации бедренных костей с обеих сторон. Функционирование мощной группы мышц-супинаторов и супинационные деформации бедренных костей находятся между собой в причинно-следственных отношениях. Кроме того, при ходьбе бедренные кости испытывают стабильные и достаточно значительные супинационные нагрузки, без которых не могут возникнуть супинационные деформации костей [4].

В руководствах по анатомии и биомеханике супинация бедренной кости обычно синонимизируется с супинацией всей нижней конечности. Однако мы хотим обратить внимание, что функция супинации при опоре на конечность является изолированной [2]. Изолированная супинация бедренной кости совершается вокруг оси, проходящей через головку и латеральный мышечлок бедренной кости. Это не механическая ось бедра, которая соответствует отвесной линии, опущенной из центра тазобедренного сустава и вокруг которой совершается ротация нижней конечности. Возможность изолированной супинации бедра

обеспечивается шейчно-диафизарным углом. Длина шейки бедра и сила мышечной тяги определяют величину супинационной нагрузки. В дистальном эпифизе бедра со стороны коленного сустава возможность изолированной супинации бедренной кости обеспечивается геометрией мышцелков и менисков, строением крестообразных и боковых связок. Топография крестообразных связок соответствует супинационной траектории смещения дистального эпифиза бедра. Растягиваясь, крестообразные связки амортизируют нагрузки и ограничивают супинационное смещение бедренной кости. Расположенная более полого конической формы передняя крестообразная связка удерживает латеральный мышцелок в углублении латерального мениска, а лежащая более отвесно толстая задняя крестообразная связка определяет амплитуду смещения медиального мышцелка.

Отображением факта вращения медиального мышцелка вокруг латерального служит конфигурация дистального эпифиза бедра. Боковые контуры латерального мышцелка относительно прямолинейны, а наружный край медиального мышцелка всегда дугообразно изогнут.

Коленный сустав обладает верхними и нижними двойными геометрическими элементами. Верхние состоят из сферического латерального мышцелка и спаренного с ним медиального мышцелка в форме гиперболической спирали, причем элементы мышцелков обращены друг к другу, образуя желоб блока. Нижние элементы представлены верхними суставными поверхностями мышцелков большеберцовой кости. Из них медиальная более вогнута и имеет эллипсоидную форму. Межмышцелковое возвышение на проксимальной суставной поверхности большеберцовой кости входит в желоб блока, стоит косо и определяет траекторию смещения бедра. В период опоры, на фазе амортизации, происходит сгибание тазобедренного и коленного суставов с одновременной супинацией бедренной кости. Медиальный мышцелок смещается вперед и вниз по нисходящей спирали, и вращательный компонент является дополнительным амортизирующим фактором. Когда фаза амортизации сменяется фазой отталкивания, происходит разгибание в тазобедренном и коленном суставах с одновременной пронацией бедра. Медиальный мышцелок смещается по восходящей спирали и этот вращательный компонент усиливает отталкивание. Действует одноплечий рычаг с точкой опоры на латеральный мышцелок. Вектор силы на фазах амортизации и отталкивания меняет свое направление на 180 градусов.

Еще одним подтверждением активного смещения бедренной кости относительно таза и голени является факт наличия выпуклых и вогнутых суставных поверхностей костей, формирующих коленный сустав. Известно, что кости, лежащие в основе подвижных и активно смещающихся звеньев, имеют выпуклую суставную поверхность, а кости, образующие основу звеньев неподвижных или смещающихся — пассивно-суставную поверхность вогнутой формы [1]. Супинация бедренной кости через шейку бедра смещает вперед опорную сторону таза. При этом бедренная кость функционирует как спаренный двойной рычаг. Одно плечо этого рычага — диафиз бедра, второе — шейка бедра. В результате смещения вперед опорной стороны таза и смещения назад не опорной его стороны совершается вращение таза вокруг вертикальной оси, проходящей через точку на середине расстояния между центрами головок бедренных костей, совпадающую

с общим центром тяжести тела человека. Ось вращения таза также совпадает с осью позвоночного столба.

В функциональном плане таз можно обозначить как «коромысло-кулачковый механизм», потому что при ходьбе он совершает пассивные сложные колебательные движения, а именно — периодические возвратно-вращательные движения по дугам окружности [1]. Анатомически коромысло есть свод таза, плоскость которого проходит через центры вертлужных впадин тазобедренных суставов, основание крестца, суставные отростки 5-го поясничного позвонка. По П. Ф. Лесгафту таз представляет эллиптический или сферический свод [3]. При нормальном вертикальном положении человека свод таза расположен во фронтальной плоскости, в которой лежат и центры вертлужных впадин тазобедренных суставов и основание крестца и суставные отростки 5-го поясничного позвонка. Движениям головок бедренных костей сопутствуют аналогичные движения в поясничном отделе позвоночника. Иллюстрацией такой траектории движения являются формы суставных поверхностей пояснично-крестцовых и поясничных дугоотростчатых суставов. Кинематическую цепь нижней конечности можно сравнить с кривошипно-ползунковым механизмом, переводящим возвратно-поступательные движения стопы через голень в возвратно-вращательные движения таза через бедро, которые, в свою очередь, переходят в восходящие попеременные разнонаправленные торсионные движения позвоночного столба.

Позвоночный столб человека имеет вид согнутой пологой спирали с изменяющимся, в зависимости от стороны опоры, направлением витков. Во время ходьбы движения между позвонками совершаются вокруг осей, проходящих через студенистые ядра и дугоотростчатые суставы. Позвоночный столб испытывает попеременные разнонаправленные торсионные движения, имеющие восходящее направление. Эти нагрузки формируют талии тел позвонков, вызывают растяжения их межпозвонковых синдесмозов. По мере растяжения межпозвонковых связок возрастают компрессионные нагрузки, компенсируемые межпозвонковыми дисками. Позвоночный столб находится на вершине правой и левой кинематических цепей нижних конечностей, и при ходьбе ему передаются снизу вверх восходящие нагрузки. В обратном направлении по позвоночному столбу следуют компенсирующие противоположные торсионные нагрузки плечевого пояса. Местом встречи этих противоположных нагрузок является, как правило, 11-й грудной позвонок. Доказательством этому есть расположенные почти под прямым углом его верхние и нижние суставные отростки. Осевое положение позвоночного столба делает его мишенью восходящих воздействий правой и левой кинематических цепей нижних конечностей, таза и нисходящих воздействий плечевого пояса. В прослеживаемой единой структурно-функциональной кинематической цепи нижняя конечность–таз–позвоночный столб, структура и функция нижележащих звеньев определяют структуру и функцию вышележащих. В соответствии с этим, форма костей и их суставных поверхностей, например, форма тел позвонков, формируется под влиянием прижизненных нагрузок, их величин и траекторий движения. Следовательно, причины пластических деформаций тел позвонков зачастую следует искать вне позвоночника, то есть в нижележащих звеньях кинематической цепи.

Таким образом, существует единая структурно-функциональная (статико-кинематическая) цепь опорно-двигательного аппарата человека, в которой все движения взаимообусловлены и взаимосвязаны с близлежащими ее элементами. Представляет определенный интерес изучение влияния перераспределения (компенсации или декомпенсации) нагрузок в данной цепи на формирование и строение ее отдельных структур (звеньев) в плане возможного, в последующем, развития ортопедической патологии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Артеменко, Б. А.* Кинематический принцип строения конечностей наземных животных / Б. А. Артеменко // Ленинград 5 : тр. 5-го Всесоюзного съезда АГиЭ, 11 июля 1949 г. Л. : Медгиз, 1951. С. 107–108.
2. *Иванов, Г. Ф.* Основы нормальной анатомии человека / Г. Ф. Иванов. М. : Медгиз, 1949. Т. 1. 318 с.
3. *Лесгафт, П. Ф.* Теория простых суставов / П. Ф. Лесгафт. М. : Медицина, 1968. 147 с.
4. *Нечаев, В. И.* Клинико-анатомические аспекты вертебродологии / В. И. Нечаев. М. : Медицина, 1997. Т. 3. С. 109–119.

<sup>1</sup>*Lozhko P. P.*, <sup>2</sup>*Kiselevskiy Y. M.*

#### **Structural and functional chain of the human locomotor apparatus**

<sup>1</sup>*Grodno State Regional Children's Hospital, Belarus,*

<sup>2</sup>*Grodno State Medical University*

Regularities in the structure and functioning of a unified kinematic chain of the locomotor apparatus of man has been proved.

**Key words:** kinematic chain, spinal column, pelvis, lower limb.