

УДК 681.3

МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК НА ГОЛОВКУ БЕДРЕННОЙ КОСТИ В НОРМЕ И ПРИ ПАТОЛОГИИ

А.В. Логинов, Д.Г. Ермаков

Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко

Статья посвящена вопросу распределения нагрузок в области тазобедренного сустава. Рассмотрена формализованная математическая модель распределения нагрузки на головку бедренной кости в норме и при патологии.

Общеизвестно, что таз балансирует на бедренных костях. При опоре на одну ногу точкой опоры является головка бедренной кости, а в случае ее отсутствия костный или фиброзно-костный анкилоз.

Горизонтальное положение таза уравнивается во фронтальной плоскости равенством момента силы отводящих мышц ($M \cdot a$) относительно оси вращения тазобедренного сустава и момента силы тяжести тела ($P \cdot b$), относительно этой же оси, согласно формуле [1]:

$$M \cdot a = P \cdot b$$

где M – сила отводящих мышц бедра,

a – плечо силы отводящих мышц (в норме 5-7 см), т.е. расстояние от центра вращения головки бедра до наружного края большого вертела, т.е. оси сгибания и разгибания бедра,

P – вес тела (с вычетом веса опорной ноги),

b – плечо силы веса тела, т.е. расстояние от центра тяжести тела до центра головки бедра (в среднем, 6 см).

Сила отводящих мышц равна:

$$M = \frac{P \cdot b}{a}$$

Общая загрузка на головку равна:

$$D = P + M$$

Изгибающий момент кости рассчитывается по уравнению

$$M = 1.1 \cdot E \cdot r \cdot t^2,$$

где E – Модуль Юнга (величина характеризующая эффекты растяжения или сжатия того или иного материала вдоль одной оси, т.е. это есть отношение напряжения к относительному удлинению для любого материала, который подчиняется закону Гука),

r – радіус кости от ее оси до середины толщины кортикального слоя.

t – толщина кортикального слоя, складается из измерений последнего в плоскости анкилоза $t = \frac{t_1 + t_2 + t_n}{2 + n}$

Причем, если D будет равна или больше M , анкилоз окажется не состоятельным. Следовательно, необходимо будет увеличить плечо «а», т.е. воссоздать шейку бедра.

У человека со здоровыми тазобедренными суставами с весом у 70 кг, плечо силы веса тела примем 6 см, а плечо силы отводящих мышц – 5 см.

Следовательно,

$$M = \frac{70 \text{ кг} \cdot 6 \text{ см}}{5 \text{ см}} = 84 \text{ кг}$$

Общая нагрузка на головку тазобедренного сустава будет равна

$$D = 70 \text{ кг} + 84 \text{ кг} = 154 \text{ кг}$$

В случае анкилоза одного из тазобедренного суставов при условии сохранения головки, плечо силы отводящих мышц уменьшится, к примеру, до 4 см.

Стало быть, сила отводящих мышц будет равна:

$$M = \frac{70 \text{ кг} \cdot 6 \text{ см}}{4 \text{ см}} = 105 \text{ кг}.$$

Нагрузка на область анкилоза будет:

$$D = 70 \text{ кг} + 105 \text{ кг} = 175 \text{ кг}.$$

В случае анкилоза при отсутствии головки, но с сохранением части шейки, плечо силы отводящих мышц еще уменьшится и будет к примеру равна 2 см. В этом случае:

$$M = \frac{70 \text{ кг} \cdot 6 \text{ кг}}{2 \text{ см}} = 210 \text{ кг}$$

Общая нагрузка в месте анкилоза будет равна:

$$D = 70 \text{ кг} + 210 \text{ кг} = 280 \text{ кг}$$

Если же отсутствует головка и шейка, то плечо силы отводящих мышц еще уменьшится, к примеру до 1 см. В этом случае:

$$M = \frac{70 \text{ кг} \cdot 6 \text{ кг}}{1 \text{ см}} = 420 \text{ кг}$$

Общая нагрузка на область анкилоза в этом случае будет равна:

$$D = 70 \text{ кг} + 420 \text{ кг} = 490 \text{ кг}$$

Как видно из расчета, в область анкилоза возникают нагрузки, растущие пропорционально уменьшению рычага, составленного половиной головки, шейкой бедра и трохантерной области, превышающие при определенных условиях в 7 раз вес тела.

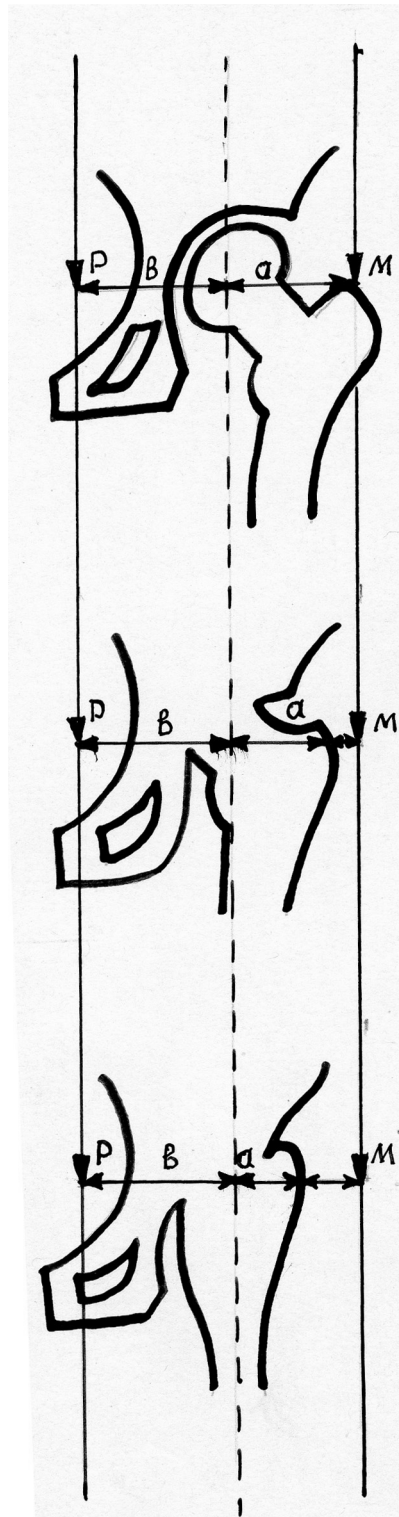


Рисунок 1 – Условия изменения нагрузок при различных степенях деструкции

На Рис. 1 видно, как в зависимости от степени деструкции тазобедренного сустава изменяется плечо – « a », а следовательно меняются и нагрузки в области анкилоза. Из этой схемы следует, что

здесь мы имеем дело с простым рычагом, а правило равновесия рычага гласит, что он находится в равновесии тогда, когда силы действующие на него обратно пропорциональны плечам:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$$

F_1, F_2 – силы действующие на рычаг

l_1, l_2 – плечи сил

$F_1 = 70$ кг

$F_2 = x$

$l_1 = 6$ см

$l_2 = 4$ см

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot l_1}{l_2}$$
$$F_2 = \frac{70 \text{ кг} \cdot 6 \text{ см}}{4 \text{ см}} = 105 \text{ кг}$$

По мере уменьшения рычага «а» создаются большие силы напряжения, даже без учета работы мышц. Область анкилоза, особенно при отсутствии угла нагрузки, находится в состоянии устойчивого равновесия. Достаточно малейшего изменения нагрузки или угла под которым она действовала, как в зоне анкилоза появляются участки функциональной перестройки и постепенно изменяются заданные углы сгибания и отведения в тазобедренном суставе.

Возросшая нагрузка в области тазобедренного сустава передается на коленный, который поставлен в невыгодные условия, по отношению к нагрузкам, благодаря нарушению взаимоотношений между осью нагрузки и анатомической

Таким образом, использование предположенной модели расчета нагрузок на головку бедренной кости по сравнению с существующими обеспечивает следующие преимущества: сохраняет кинематическую систему конечности от вторичных изменений, обеспечивает стабильность анкилоза, сохраняет заданное положение конечности.

Список литературы

1. Недригайлова О.В. Основы биомеханики опорно-двигательного аппарата в норме и при его патологии. Руководство по ортопедии и травматологии. /О.В. Недригайлова. - М., 1967.
2. Славин М.Б. Практика системного моделирования в медицине /М.Б. Славин. – М.: Медицина. – 2002. – 168 с.

Получено 10.09.2011