

*Бурьянов А.А., Лакша А.М., Шидловский Н.С., Шпак Д.Е.  
Национальный медицинский институт им. Богомольца, Киев  
Украинская военно-медицинская академия, Киев  
Национальный технический университет Украины "КПИ", Киев*

## ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ ВНЕШНЕЙ ФИКСАЦИИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФУНКЦИЙ ЛОКТЕВОГО СУСТАВА

При лечении травм и заболеваний локтевых суставов шарнирно-дистракционные аппараты имеют определенные конструкционные особенности, которые должны быть учтены при разработке и экспериментально-расчетных исследованиях.

К отмеченным особенностям относятся:

1. Необходимость создания дистракционной разгрузки в локтевом суставе на протяжении продолжительного времени.
2. Удобность процесса монтажа конструкции аппарата в процессе операции.
3. Соотношение величин деформации связывающего аппарата суставов и самих шарнирно-дистракционных систем.
4. Необходимость оптимизации размеров элементов конструкции аппарата для обеспечения необходимой прочности и жёсткости системы при минимальных размерах и весе этих элементов.

Учитывая вышеуказанное, предложена новая конструкция аппарата, который имеет такие особенности. Проксимальный стержень проводится сквозь локтевой отросток перпендикулярно оси локтевой кости, а на расстоянии 120-150 мм параллельно проводится дистальный стержень. Эти стержни закрепляются в специальных узлах фиксации, причём один из узлов фиксации может перемещаться по резьбовой штанге, что даёт возможность устанавливать его против дистального стержня.

Дальше стержень проводится через мыщелки плечевой кости. Стержень свободно проходит через втулки подшипников, которые самоустанавливаются, и соединяется с помощью узла фиксации резьбовых штанг и узлов крепления стержней с осью вращения плечево-локтевого сустава. Это достигается с помощью фиксационных гаек, которые входят в узел фиксации резьбовых штанг, и гаек с насечками для управления положением стержня.

Благодаря конструкции предложенного шарнирно-дистракционного аппарата этим устройством можно лечить больных с анкилозами, контрактурами и застарелыми вывихами в локтевых суставах. Аппарат также используют при артропластических операциях в плечево-локтевом суставе, когда необходимы ранние движения, но не должно быть контакта между суставными поверхностями. Конструкция предложенного нами аппарата позволяет выполнять активные и пассивные движения в локтевом суставе и держать его в растянутом положении. Это обеспечивает отсутствие контакта между суставными поверхностями, и, как следствие, даёт возможность процессу образования суставного хряща.

Учитывая то, что исследуемые биомеханические системы являются, как правило, сложными для теоретических расчётов, определение характеристик жёсткости было выполнено с помощью непосредственных натуральных стендовых испытаний.

Первым этапом исследований было определение суммарной жёсткости связочного аппарата локтевого сустава и фиксирующих элементов. К связочному аппарату локтевого сустава по данным нормальной анатомии человека относили такие связки: локтевую обходную связку, лучевую локтевую связку, кольцевую связку лучевой кости, а также капсулу локтевого сустава.

К фиксирующим элементам, с помощью которых проводилось исследование жёсткости локтевого сустава, относили стержень диаметром 5 мм, который был проведен через мыщелки плечевой кости по оси вращения локтевого сустава, верхние и нижние тяги.

Испытания при определении суммарной жёсткости связывающего аппарата локтевого сустава и жёсткости фиксирующих элементов, а также определение жёсткости фиксирующих элементов проводили отдельно с помощью универсальной испытательной машины TIRATEST-2151. Объект исследования и фиксирующие элементы закрепляли в испытательной машине с помощью верхних и нижних тяг.

В процессе измерений получили суммарную диаграмму деформации связывающего аппарата локтевого сустава и фиксирующих элементов (зависимость между приложенной нагрузкой и удлинением системы). Из этой диаграммы следует, что суммарная жёсткость связочного аппарата локтевого сустава и фиксирующих элементов ( $c^*$ ) равняется  $38,1 \pm 0,15$  Н/мм. Жёсткость системы определяли как отношение величины нагрузки  $P$  к удлинению  $\Delta l$ . В результате испытания самих фиксирующих элементов получена диаграмма растяжения. Жёсткость фиксирующих элементов равняется  $121,8 \pm 0,5$  Н/мм.

На основании испытаний были определены такие характеристики:

– суммарная податливость системы  $\delta^* = 1/c^*$ , где  $c^*$  – суммарная жесткость всей системы;

– податливость системы тяг:  $\tilde{\delta} = 1/\tilde{c}$ , где  $\tilde{c}$  – жесткость фиксирующих элементов;

– действительная податливость локтевого сустава:  $\delta = \delta^* - \tilde{\delta}$ ;

– действительная жесткость связывающего аппарата сустава:  $c = 1/\delta = P/\Delta l$ , где  $P$  – нагрузка,  $H$ ;  $\Delta l$  – действительная деформация связывающего аппарата сустава,  $m$ .

Экспериментально установленное смещение суставных поверхностей ( $\Delta l$ ) при тракционных нагрузках, приложенных к локтевому суставу (табл. 1).

*Зависимость тракционной нагрузки на локтевой сустав от расхождения суставных поверхностей*

Таблица 1

$\Delta l$ , мм	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
$P$ , Н	83,1	110,8	138,5	166,2	193,9	221,6

Максимальный изгибающий момент, который возникает при нагружении приведенной системы, равняется в нашем конкретном случае

$$M_{\max} = 0,125qb(2L-b),$$

где  $q = P/b$  – интенсивность нагрузки, распределенной в канале мыщелки плечевой кости;  $L$  – общая длина стержня.

Учены форма и размеры локтевого сустава, где его ширина ( $b$ ) равняется приблизительно 100 мм, а расстояние от шарнирных узлов аппарата до кожи должно быть не меньше 20 мм. Из условия прочности при изгибе для круглого поперечного сечения определены необходимые диаметры стержней (табл. 2) для двух материалов, которые используются для изготовления имплантатов: нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т (ЭП853) ( $[\sigma] = 800$  МПа) и титана ( $[\sigma] = 1400$  МПа).

*Расчитанные диаметры стержней при разных деформациях и нагрузках, приложенных к суставу*

Таблица 2

$\Delta l$ , мм	$P$ , Н	$d_1$ , мм (из нержавеющей стали)	$d_2$ , мм (из титана)
1,5	83,1	2,88	2,41
2,0	110,8	3,17	2,64
2,5	138,5	3,4	2,86
3,0	166,2	3,63	3,03
3,5	193,9	3,8	3,19
4,0	221,6	3,99	3,35

**Выводы.**

1. Предложено оригинальную конструкцию стержневого шарнирно-дистракционного аппарата для лечения локтевого сустава.

2. Экспериментальным биомеханическим натурным исследованием определены рациональные размеры элементов внутренне суставной фиксации шарнирно-дистракционного аппарата.

3. Для двух разных материалов, которые применяются для изготовления имплантатов экспериментально-расчётным путём определены минимально необходимые диаметры стержней.