

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЯГОВОГО МЕТОДА ПРИ ПАТОЛОГИИ СТОП У ДЕТЕЙ

Р.С. Алимханова, М.Ю. Карпинский, И.А. Суббота

Казахская государственная медицинская академия, Астана, Казахстан

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

Рассматриваются вопросы лечения варусной установкой стопы (при врожденной косолапости, рецидивирующей косолапости, артрогрипозной косолапости, конско-варусной деформации и других сочетанных варусных осевых деформациях нижних конечностей). Предложено биомеханическое обоснование данного метода коррекции.

Лечение деформации проявляющиеся с варусной установкой стопы (при врожденной косолапости, рецидивирующей косолапости, артрогрипозной косолапости, конско-варусной деформации и других сочетанных варусных осевых деформациях нижних конечностей) представляет собой сложную задачу, так как требует одновременной коррекции деформации стопы в трех плоскостях: фронтальной (варусная), сагиттальной (эквинусная) и горизонтальной (аддукционная). Такое многокомпонентное сочетание деформации стоп устранимы при применении тягового метода и разновидности устройств. Основными функциональными компонентами устройства были представлены различными корректорами и фиксаторами: тяговыми ремнями, подстопником, поперечными ремнями, фиксаторами–натягивателями. Согласованные действия механизмов тягового устройства выполняли коррекцию деформации стопы любой степени сложности целенаправленно, поэтапно, постепенно, дозировано с учетом всех компонентов деформации стоп и изменений других сегментов конечности.

Цель работы

Определения критериев для создания и выполнения «тягового биомеханизма устройства», позволяющего решить поставленную задачу, нами было проведено графоаналитическое исследование взаимодействия сегментов нижней конечности (бедро, голень, стопы) под действием корригирующих усилий тяговых корректоров и всего тягового механизма устройства.

Материалы и методы исследования

Для проведения графоаналитического исследования нами была выбрана кинематическая схема нижней конечности (рис. 1), в которой сегменты конечности: стопа 1, голень 2 и бедро 3

представлены в виде балок, имеющих между собой шарнирные соединения. Элемент бедра имеет контакт с опорой также посредством шарнирного соединения.

Так как коррекция стопы тяговым методом заключается в ее перемещении относительно голени, следовательно, задача сводится в определении возможных точек приложения сил, таким образом, чтобы:

- 1) обеспечить перемещения сегмента 1 относительно точки O с одновременным ограничением подвижности сегмента 2 относительно этой же точки;
- 2) обеспечить перемещение сегмента 1 в каждой из трех плоскостей в положение, соответствующее анатомическому положению стопы.

Результаты исследований

Вариант 1.

Самый простой способ обеспечения подвижности сегмента 1 относительно точки A и сегмента 2 состоит в том, чтобы разместить точки приложения сил непосредственно на сегмен-

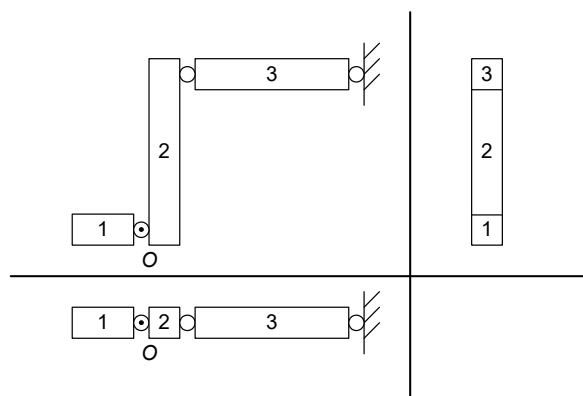


Рисунок 1
Кинематическая схема нижней конечности в трех плоскостях

тах 1 и 2. Рассмотрим данный вариант решения задачи в каждой из трех плоскостей в отдельности.

С целью устранения варусной деформации стопы необходимо создать вращающий момент относительно точки O , а также относительно сегмента 2. Такой момент можно создать в том случае, если одна точка приложения корректирующей силы будет расположена на сегменте стопы, а другая на сегменте голени, причем по разные стороны от точки O , как показано на рис. 2.

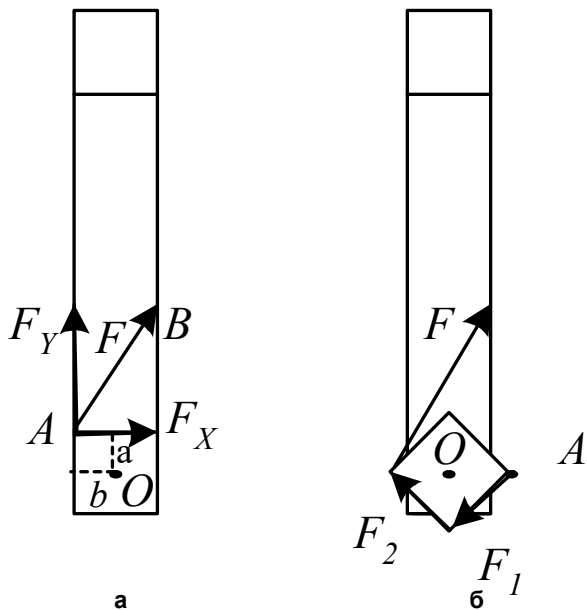


Рисунок 2

Схема действия сил при коррекции варусной деформации стопы.

В данном случае относительно точки O сила F будет создавать вращающий момент

$$M = F_x a + F_y b, \quad (1)$$

где F_x и F_y – проекции силы F на соответствующие оси; a и b – плечи действия составляющих F_x и F_y относительно точки O .

При большой величине деформации точку A приложения корректирующей силы целесообразно переместить на нижний край сегмента стопы, как показано на рис. 2, б. Это позволит создать дополнительные вращающие моменты $M(F_1)$ и $M(F_2)$, что будет способствовать выведению сегмента в нужное положение.

Для выведения эквинуса стопы необходимо создать корректирующее усилие в сагиттальной плоскости (рис. 3).

Так как величина момента действия силы прямо пропорциональна величине силы и плечу ее действия, следовательно, наиболее целесо-

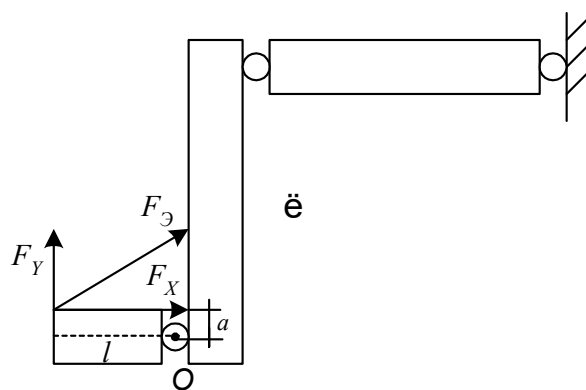


Рисунок 3

Схема действия сил при выведении эквинуса стопы

образно прикладывать корректирующую силу в точке, наиболее удаленной от центра вращения. Как показано на рис. 3 сила F_3 относительно точки O создает вращающий момент, равный сумме моментов ее горизонтальной и вертикальной составляющих, причем оба эти момента действуют в одном направлении:

$$M = F_x a + F_y l, \quad (2)$$

где F_x , F_y – горизонтальная и вертикальная составляющие силы F_3 , соответственно; a , l – плечи действия сил F_x и F_y , соответственно.

Устранению аддукционной деформации может способствовать вращающий момент созданный в горизонтальной плоскости. Для этой цели можно использовать ту же тягу, что и для выведения эквинуса стопы, сместив точку приложения силы F_3 в сторону противоположную направлению деформации (рис. 4).

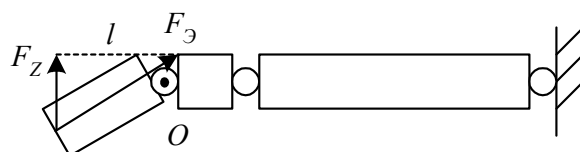


Рисунок 4

Схема действия сил при устранении аддукционной деформации.

В этом случае составляющая силы F_3 , действующая параллельно оси Z , будет создавать относительно точки O вращающий момент, равный:

$$M = F_z l \quad (3)$$

где F_z – проекция силы F_3 на ось Z ; l – плечо действия силы F_z .

Таким образом, используя только две тяги можно решить задачу коррекции стопы в трех плоскостях.

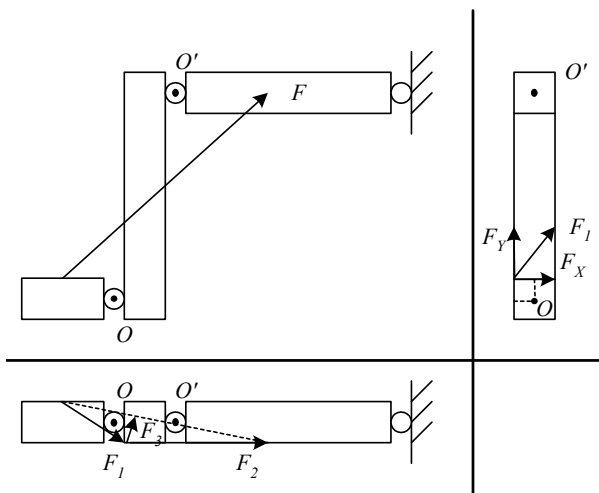


Рисунок 5

Схема действия сил в случае использования в качестве точки приложения бедренного сегмента

Рассмотрим варианты использования в качестве точек приложения сил вышележащие сегменты (бедро и туловище).

Вариант 2.

Рассматривать перемещение точек приложения силы F_3 , выводящей эквинус стопы, на вышележащие сегменты (бедро и таз) не имеет большого смысла, так как кроме увеличения длины тяг это ничего не дает. Поэтому рассмотрим только перемещение точек приложения силы F устраняющей варусную деформацию.

На рис. 5 приведена схема действия корригирующих сил в случае приложения их к бедренному сегменту.

Как показано на схеме с точки зрения создания вращающего момента относительно точки O ситуация практически не изменилась, мы имеем все тот же момент силы согласно формулы (1). Однако в горизонтальной плоскости произошли некоторые изменения. Тяга, вынужденно огибая сегмент голени и стремясь занять прямолинейное положение, создает силу F_3 , стремящуюся сдвинуть голень кнаружи и, тем самым, создающую вращательный момент относительно точки O' . В данном случае полученная сила и создаваемый ею вращательный момент не создают полезного действия, поэтому перенос точек приложения корригирующих сил на бедро можно считать нецелесообразным именно при применении тягового метода.

Вариант 3.

Рассмотрим вариант переноса точки приложения силы F устраняющей варусную деформацию, на туловище (рис. 6).

Как показано на схеме вращательный момент, устраняющий варусную деформацию со-

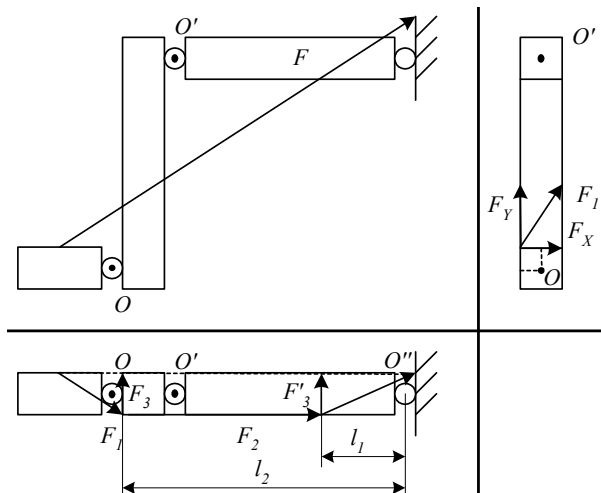


Рисунок 6

Схема действия сил в случае использования в качестве точки приложения туловища

храняется неизменным. Перенос точки приложения силы на туловище таким образом, чтобы она находилась от центров вращения с той же стороны, что и начальная точка приложения. В этом случае тяга, огибая сегменты голени и бедра, создает еще две точки приложения сил, в которых возникают смещающие силы F_3 и F'_3 , которые стремятся привести тягу в прямолинейное положение и создают относительно точки O'' соответственно два вращающих момента:

$$\begin{aligned} M_1 &= F_3 l_2 \\ M_2 &= F'_3 l_1 \end{aligned} \quad (4)$$

где l_1 и l_2 – плечи сил F'_3 и F_3 соответственно.

Отведение бедра кнаружи в результате действия сил F_3 и F'_3 может быть успешно использовано в случае наличия у пациента как деформации стопы, так и при сочетанных деформациях нижних конечностей: деформации стопы и врожденного вывиха (дисплазии) бедра, как для лечения, так и для профилактики любых деформации стопы и конечности в целом.

Таким образом, на основании проведенных графоаналитического анализа исследований следует ряд основных и значимых положений:

1. Для устранения деформации стопы в трех плоскостях достаточно создать две корригирующие тяги с целью устранения дисбаланса мышечной системы патологического сегмента стопы, голени, бедра и для:

– коррекции варусной деформации точки приложения силы должны располагаться на наружной поверхности стопы (имея при этом противоупор, представленный в виде подстопника) и как фиксирующего деформированную стопу ме-

ханизма в виде давящего корректора, которые осуществляются элементами тягового устройства: подстопником, поперечным ремнем; и внутренней поверхности голени.

– вывода эквинуса стопы и коррекции аддукционной деформации точки приложения силы должны располагаться на носке (соответственно переднему и среднему отделу подстопника, так как основные элементы искривления сосредоточены именно в этих отделах стопы) и наружной стороне голени, коррекция которой осуществляется основным тяговым ремнем и фиксаторами-натягивателями.

2. Расположение точек приложения сил на бедре нецелесообразно, а создаваемое положение отведения принято функциональным и с целью разгрузки суставных поверхностей, так как предусмотрен вариант устранения дисбаланса мышечных структур.

3. Для лечения и профилактики деформации стоп, а также в сочетании с патологиями тазобедренных суставов целесообразно точку приложения силы, устраняющей варусную деформацию стопы, перенести с внутренней поверхности голени на наружную поверхность туловища таким образом, чтобы при этом тяга проходила по внутренней поверхности голени и бед-

ра. В этом случае возникают дополнительные силы, отводящие бедро, голень и стопу кнаружи обеспечивающие расслабление мышечной и нейрососудистых структур и образований нижней конечности, устранение равновесия и выполнение целенаправленной ориентации и разгрузки суставных поверхностей суставов стопы, голеностопного, коленного суставов и тазобедренного.

Выводы

1. Применение тягового метода считаем целесообразным и функциональным, графоаналитически обоснованным с учетом возрастных особенностей, происходит ранняя трансформация не только мышечных, нейро-сосудистых, но и устраняли дистопию костных и артрогенных структур и образований

2. Однако нарушения, связанные с регулированием плеча рычага мышц антагонистов и синергистов, обуславливают устранение укороченных мышечных групп и нарушение кинематического центра вращения этих мышц и созданием оси центрации для каждого сегмента

3. Моделирование тягового устройства предопределяет тактические и технические возможности устройства и считается целесообразным в применении.

Литература

1. Великсон В.М. Аналитическое исследование движений биокинематических цепей // Механика: Сб.тр. М.: Ин-т механики МГУ, 1977. С. 40.

2. Витензон А.С. Исследование биомеханических и нейрофизиологических закономерностей нормальной и пато-

логической ходьбы человека: Автореф. дисс. д-ра мед. наук. М., 1982. 32 с.

3. Николаев Л.П., Руководство по биомеханике в применении к ортопедии, травматологии и протезированию: Ч.2. К.: Медгиз, 1950. 306 с.

4. Янсон Х.А. Биомеханика нижней конечности человека. Рига: Зинатне, 1975. 324 с.

