

УДК 616.716.8 – 007.61 – 08:616 – 76

К.В. Стороженко*, П.С. Флис*, Н.Н. Тормахов**

ОРТОДОНТИЧЕСКИЕ СИЛЫ В АППАРАТАХ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ МЕЗИАЛЬНОГО ПРИКУСА

*Национальный медицинский университет имени А.А. Богомольца

** Институт механики НАН Украины им. С.П. Тимошенко

Введение

Мезиальный прикус характеризуется чрезмерным развитием нижней челюсти и ее смещением вперед на фоне недоразвития верхней челюсти или ее ретроположения. Для перемещения нижней челюсти назад, а верхней челюсти вперед в процессе лечения пациентов с этой патологией используют ортодонтические аппараты, оснащенные межчелюстными тягами [1, 2]. Сложность лечения мезиального прикуса с помощью таких ортодонтических аппаратов вызывает необходимость проведения механико-математического моделирования их работы. Механико-математическому моделированию работы различных ортодонтических аппаратов посвящены ряд исследований [3-6 и др.]. Однако в них не освещен вопрос определения величины и ориентации ортодонтических сил в аппаратах, оснащенных межчелюстными тягами. Данная работа посвящена решению вопросов, связанных с определением величины и направления действия ортодонтических усилий, которые создаются аппаратами с межчелюстными тягами при лечении мезиального прикуса.

Цель и задача исследования

Целью данного исследования является совершенствование методик ортодонтического лечения пациентов с мезиальным прикусом путем проектирования конструкции ортодонтических аппаратов на основе механико-математического моделирования их работы.

Результаты исследования

Рассмотрим определение величины и направления ортодонтического усилия на примере лечения пациента с мезиальным прикусом аппаратом [2]. Аппарат (рис. 1) состоит из правой (1) и левой (2) пластинок, которые опираются на боковые зубы верхней челюсти. Пластинки 1 и 2 соединены между собой ортодонтическим устройством с тремя направляющими (3), винты (4) которого предназначены для расширения верхней челюсти. К пластинкам 1 и 2 через винт 5 ортодонтического устройства 3 прикреплена пластинка 6, которая опирается на фронтальные зубы верхней челюсти. На зубы нижней челюсти установлена пластинка 7, которая соединена с частями 1 и 2 межчелюстными тягами (8). Тяги навешиваются на крючки 9, жестко закрепленные в пластинках 1, 2 и 7. Все пластинки опираются на лингвальные, окклюзионные и вестибулярные поверхности зу-

бов. Такой охват зубов пластинками фиксирует угол наклона зубов и позволяет перемещать их корпусно, избегая их нежелательного наклона. Ортодонтическое усилие для расширения и удлинения верхней челюсти в аппарате [2] регулируется винтами 4 и 5. Ортодонтическое усилие для перемещения нижней челюсти назад, а верхней – вперед согласно рекомендациям [7] может находиться в пределах от 1 до 2,5 Н. По мере взаимного перемещения зубных рядов в медиодистальном направлении и вследствие релаксации механических напряжений в межчелюстных тягах 8 происходит их ослабление. Контроль величины натяжения межчелюстных тяг 8 осуществляется с помощью динамометра и регулируется их заменой.

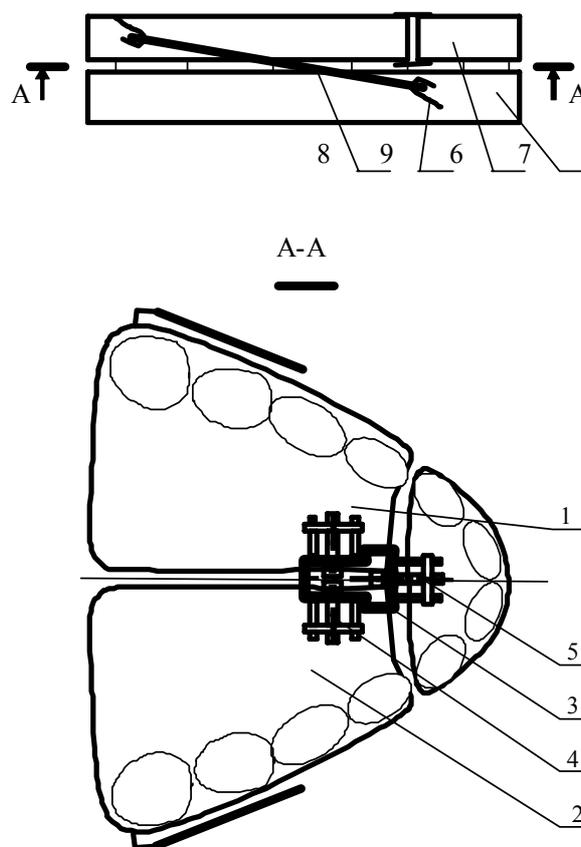


Рис. 1

Допустим, что ортодонтическое усилие F_0 для перемещения нижней челюсти относительно верхней равно 1Н. Рассмотрим, как ортодонтическое усилие связано F_0 с усилием F натяжения

межчелюстных тяг 8. На рис. 2а показан случай, когда межчелюстные тяги направлены под углом α к окклюзионной плоскости. Разложим усилие натяжения тяги F на вертикальную F_B и горизонтальную F_G составляющие согласно формулам:

$$F_G = F \cos \alpha; F_B = F \sin \alpha \quad (1)$$

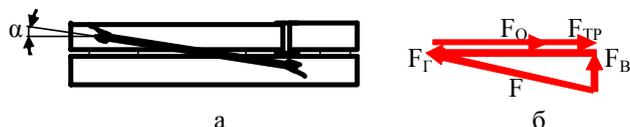


Рис. 2

Горизонтальная составляющая усилия F_G создает ортодонтическое усилие F_O взаимного перемещения нижней челюсти относительно верхней, а вертикальная составляющая F_B прижимает пластинки 1, 2, опирающиеся на верхнюю челюсть к пластинке 6, опирающейся на нижнюю челюсть. При контакте пластинок возникает усилие трения F_{TR} , которое препятствует взаимному перемещению челюстей и согласно закону Амонтона [8] равно:

$$F_{TR} = k F_B, \quad (2)$$

где k – коэффициент трения скольжения пластинок, который для пластмасс можно принять равным 0,055 [9]. Ортодонтическое усилие F_O , перемещающее нижнюю челюсть относительно

верхней, будет равно разности сил F_G и F_{TR} .

$$F_O = F_G - F_{TR} \quad (3)$$

Найдем предельные значения, которые может иметь угол наклона межчелюстных тяг α . Приравнявая (3) нулю получим величину угла α , при котором для заданной величины коэффициента трения k сила трения уравнивает горизонтальную составляющую F_G силы натяжения тяг F , ортодонтическое усилие F_O станет равно нулю и перемещения челюстей происходить не будет:

$$\alpha_M = \text{arccotg}(k) \quad (4)$$

При величине коэффициента трения скольжения пластинок, равном 0,055, величина угла α_M составит 87° . Таким образом, угол наклона межчелюстных тяг в аппаратах для лечения мезиального прикуса должен быть меньше 87° .

Подставляя в (3) выражения (1) и (2) получим следующее выражение для усилия натяжения межчелюстных тяг для заданного ортодонтического усилия F_O :

$$F = F_O / (\cos \alpha - k \sin \alpha) \quad (5)$$

На рис. 2б показана диаграмма сил, действующих в аппарате, а в таблице 1 величины усилия натяжения межчелюстных тяг (вторая строка таблицы 1) при величине ортодонтического усилия $F_O = 1$ Н и разных положительных величинах угла α .

Таблица 1

$\alpha, ^\circ$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
$F, \text{H}, \alpha > 0$	1,00	1,01	1,03	1,05	1,09	1,13	1,19	1,27	1,37	1,50
$F, \text{H}, \alpha < 0$	1,00	1,00	1,02	1,04	1,06	1,10	1,15	1,22	1,31	1,41

Если длину крючков, к которым прикреплены тяги, увеличить так, чтобы межчелюстные тяги были параллельны окклюзионной плоскости, то угол наклона α станет равным нулю (рис. 3). При этом усилия F_B и F_{TR} также станут равными нулю, а ортодонтическое усилие F_O будет равно силе натяжения тяг F . Этому значению угла наклона тяг α соответствует второй столбец таблицы 1.



Рис. 3

При дальнейшем увеличении длины крючков угол наклона межчелюстных тяг уже получит отрицательное значение, $\alpha < 0$. При этом вертикальная составляющая усилия натяжения межчелюстных тяг будет стремиться увеличить расстояние между пластинами 1, 2 и 7, что приведет к усилению прижатия пластин к зубным рядам и не будет создавать силы трения между пластинами F_{TR} , препятствующее взаимному перемещению нижней челюсти относительно верхней (рис. 4). При этом усилие натяжения межчелюстных тяг будет определяться по следующей формуле:

$$F = F_O / \cos \alpha \quad (6)$$



Рис. 4

Данные расчетов ортодонтического усилия по формуле (6) для различных углов наклона межчелюстных тяг ($\alpha < 0$) приведены в третьей строке таблицы 1. Сравнивая вторую и третью строки таблицы 1, можно видеть, что при равных величинах угла наклона межчелюстных тяг ортодонтическое усилие для $\alpha < 0$ несколько меньше, чем для $\alpha > 0$, что объясняется отсутствием трения при контакте пластин верхней и нижней челюстей.

Выводы

Сложность лечения мезиального прикуса вызывает необходимость механико-математического моделирования процессов его лечения с использованием ортодонтических аппаратов, оснащенных межчелюстными тягами. Механико-математическое моделирование показало, что ортодонтическое усилие для перемещения нижней челюсти в нужное положение зависит не только от величины натяжения межчелюстных тяг, но и от угла их наклона к окклюзионной плоскости. При положительном угле наклона межче-

люстных тяг вертикальная составляющая натяжения межчелюстных тяг осуществляет взаимное прижатие пластинок, расположенных на нижней и верхней челюстях аппарата, и создает усилие трения, которое препятствует взаимному перемещению челюстей.

При увеличении длины крючков, к которым прикреплены тяги, угол наклона межчелюстных тяг к окклюзионной плоскости становится отрицательным. Усилие взаимного прижатия пластинок и силы трения между пластинками становится равным нулю, что способствует увеличению ортодонтического усилия при том же усилии натяжения межчелюстных тяг. Однако надо принять во внимание, что увеличение длины крючков может создавать неудобства для пациента.

Если межчелюстные тяги параллельны окклюзионной плоскости, усилие натяжения тяг будет равно ортодонтическому. Такое расположение межчелюстных тяг в аппарате для лечения мезиального прикуса можно считать оптимальным, т.к. усилие растяжения тяг будет в этом случае полностью использовано на исправление мезиального прикуса пациента.

Литература

1. Дорошенко С.І. Апарат для вестибулярного переміщення фронтальних зубів верхньої щелепи / Дорошенко С.І., Кульгінський Є.А. // Деклараційний патент на корисну модель № 41882, МПК⁶ кл. А61С7/00, Бюл. №7 від 10.06.09.

2. Стороженко К.В. Апарат для лікування мезіально-го прикусу / Стороженко К.В., Фліс П.С. // Деклараційний патент на корисну модель по заявці № 201508113 МПК⁶ кл. А61С7/00 від 24.08.2015.
3. Механіко-математичне моделювання процесу апаратного розширення зубних дуг / [Фліс П.С., Григоренко О.Я., Джарбує М.М. та ін.] // Вісник стоматології. – 1998. - № 4. - С. 53-55.
4. Моделювання процесу повороту зуба при апаратному лікуванні / [Григоренко О.Я., Дорошенко С.І., Жачко Н.І. та ін.] // Доповіді Національної Академії наук України. – 2002. - № 7. - С. 183-188.
5. Механіко-математичне моделювання ортодонтичного лікування з використанням трейнерів / [Фліс П.С., Філоненко В.В., Григоренко О.Я., Тормахов М.М.] // Новини стоматології. – 2007. - № 1. - С.28-33.
6. Чуйко А.Н. Биомеханика в стоматологии / Чуйко А.Н., Шинчуковский И.А. - Х.: Изд-во «Форт», 2010. – 468 с.
7. Куроедова В.Д. Основы техники прямой дуги: [учеб.-метод. пособ.] / Куроедова В.Д., Кулиш Н.В. - Полтава: Верстка, 2008. - 108 с.
8. Яворский Б.М. Справочник по физике / Яворский Б.М. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит.-ры, 1968. – 940 с.
9. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя / Анурьев В.И. - В 3-х т. - Т. 1. – М.: Машиностроение, 1979. – 728 с.

**Стаття надійшла
16.11.2015 р.**

Резюме

Проведено механіко-математичне моделювання роботи ортодонтичного апарату, оснащеного межчелюстними тягами. Виконано аналіз ортодонтичних зусиль, створюваних межчелюстними тягами, в залежності від кута їх нахилу відносно оклюзійної площини. Дані рекомендації щодо виготовлення конструкційних елементів ортодонтичних апаратів.

Ключевые слова: ортодонтический аппарат, межчелюстные тяги, ортодонтические усилия, угол наклона.

Резюме

Проведено механіко-математичне моделювання роботи ортодонтичного апарату з міжщелепними тягами. Здійснено аналіз ортодонтичних зусиль, утворених міжщелепними тягами, залежно від кута їх нахилу відносно оклюзійної площини. Дані рекомендації щодо виготовлення конструкційних елементів ортодонтичних апаратів.

Ключові слова: ортодонтичний апарат, міжщелепні тяги, ортодонтичне зусилля, кут нахилу.

UDC 616.716.8 – 007.61 – 08:616 – 76

ABOUT ORTHODONTIC FORCES IN APPLIANCES FOR TREATING MESIAL OCCLUSION (CLASS III)

K.V. Storozhenko, P.S. Flis*, N.N. Tormahov***

*A.A. Bogomolets National Medical University

**S.P. Timoshenko Institute of Mechanics

Summary

Mesial occlusion is characterized by excessive development of the mandible and its displacement forward (anteriorly) on a background of underdevelopment of the maxilla or its retopologize. Orthodontic appliances equipped intermaxillary tractions are using to move the mandible back and maxilla anteriorly in the treatment of patients with this disease [1, 2]. Difficulty of treatment mesial occlusion using orthodontic appliances such causes the need for mechanical-mathematical modeling of their work. This work devoted to a solution issues

associated with definition the magnitude and direction of the orthodontic efforts generated by devices with intermaxillary tractions in the treatment of mesial occlusion.

The purpose and research problems. The aim of this study is to improve the methods of orthodontic treatment of patients with mesial bite through structural design of orthodontic appliances on the basis of mechanical-mathematical modeling of their work.

Results of the study. Conducted the mechanical-mathematical modeling of the orthodontic appliance work, equipped with intermaxillary tractions. Analyzed the orthodontic efforts produced by intermaxillary tractions, depending on the angle of inclination relative to the occlusal plane. Recommendations for the manufacture of structural elements of orthodontic appliances are given.

Conclusions. Mechanical-mathematical modeling has shown that orthodontic efforts are required to move the mandible in the desired position depends not only on the magnitude of the tension of the intermaxillary tractions, but also on the angle of inclination to the occlusal plane. At a positive angle of inclination intermaxillary tractions vertical component of the tension of the intermaxillary tractions performs mutual pressing of plates arranged on the upper and lower jaws of the appliance and generates friction force, which prevents mutual displacement of the jaws.

If you increase the length of hooks, which attached to the traction the angle of inclination of the intermaxillary tractions to occlusal plane becomes negative. The mutual effort of pressing plates and the frictional force between the plates becomes equal to zero, which contributes to the increase of orthodontic force with the same effort of intermaxillary tractions. However, we must take into account that increasing the length of the hooks may cause inconvenience to the patient.

If intermaxillary tractions parallel to the occlusal plane the tension of tractions will be equal to the orthodontic. This arrangement of intermaxillary tractions in the appliance for the treatment of mesial occlusion can be considered optimal, since the tensile force of tractions will be fully used for the correction of malocclusion of the patient.

Keywords: orthodontic appliance, intermaxillary traction, orthodontic efforts, the angle of inclination.