



УДК 616.314.25-007.4

Академик НАН України **Я. М. Григоренко, А. Я. Григоренко,**  
**Н. Н. Тормахов, Д. Ю. Шпак, П. С. Флис**

## **Методика лечения гнатической формы мезиального прикуса**

*С помощью методов биомеханики построена математическая модель работы лицевой маски и определены ее опорные реакции. Опорные реакции получены для разных величин угла наклона вектора усилия натяжения резиновой тяги, прилагаемого к верхней челюсти.*

Мезиальная окклюзия зубных рядов у детей по частоте распространения занимает значительное место среди прочих зубочелюстных аномалий. По литературным данным, частота распространения мезиальной окклюзии колеблется от 2,8 до 7,6% случаев среди зубочелюстных аномалий [1]. Распространенность мезиальной окклюзии вызывает необходимость совершенствовать методики лечения этой зубочелюстной аномалии.

Зубоальвеолярная форма мезиальной окклюзии характеризуется несоответствием размеров зубных рядов и апикальных базисов. Этот вид окклюзии развивается вследствие аномалии положения зубов, смещения альвеолярного отростка и вынужденного смещения нижней челюсти вперед. При мезиальной окклюзии передний щечный бугор первого верхнего моляра расположен позади поперечной фиссуры одноименного антагониста, а в переднем отделе часто наблюдается обратное резцовое перекрытие либо прямое смыкание режущих краев резцов. Различают две формы мезиальной окклюзии — зубоальвеолярную и гнатическую. При гнатической мезиальной окклюзии наблюдается укорочение базиса верхней челюсти и ее дистальное расположение. Данная аномалия связана с удлинением тела нижней челюсти и ее ветвей, а также с передним расположением головки нижней челюсти в височно-нижнечелюстном суставе [2].

Лечение мезиальной окклюзии заключается в восстановлении правильных окклюзионных соотношений в переднем и задних отделах зубочелюстного аппарата. В процессе лечения мезиальной окклюзии используют внутри- и внеротовые устройства. Внутриротовые устройства бывают съемными и несъемными. Из съемных внутриротовых функционально

---

© Я. М. Григоренко, А. Я. Григоренко, Н. Н. Тормахов, Д. Ю. Шпак, П. С. Флис, 2014

и механически воздействующих аппаратов наибольшее применение нашли аппараты Брюкля, пластинки с винтом и протрагирующими пружинами, пластинки с секторальным распилом и винтом для удлинения верхнего зубного ряда, регуляторы функции Френкеля, пластинки для нижней челюсти с вестибулярной дугой, а также другие аппараты. Недостатком съемной аппаратуры является то, что перемещение зубов с помощью этих устройств часто сопровождается их наклоном. Указанный недостаток отсутствует у несъемных внутриротных устройств. Из несъемных внутриротных устройств, используемых при лечении мезиальной окклюзии, наибольшее применение нашли дуги Энгля, а также эджуайз- и брекет-техника.

Лечение сложных зубочелюстных патологий вызвало необходимость применения внеротовых аппаратов. Из внеротовых аппаратов при лечении гнатической формы мезиального прикуса применяются подбородочная праща, а также лицевые маски различной конструкции [3, 4]. Эти устройства используют для сдерживания роста нижней челюсти и оптимизации роста верхней. Широкое применение нашли лицевые маски Delaigre в комплексе с брекет-системой на верхней челюсти [3, 5].

Целью данной работы является разработка математической модели работы комплекса из лицевой маски и брекет-системы и разработка рекомендаций по использованию этих устройств при лечении гнатической формы мезиальной окклюзии.

**Материал и методы исследования.** Построение математической модели работы комплекса, состоящего из лицевой маски и брекет-системы, производится методами теоретической механики и механики деформируемого твердого тела. Так как вес лицевой маски мал по сравнению с ортодонтическим усилием, которое она создает, при определении опорных реакций им пренебрегали.

**Результаты исследования и их обсуждение.** В стоматологии все большее применение находят методы математического моделирования [6–8]. Рассмотрим механико-математические аспекты лечения гнатической формы мезиальной окклюзии с помощью комплекса, состоящего из лицевой маски и брекет-системы. Для лечения гнатической формы мезиальной окклюзии необходимо сдерживать рост нижней челюсти и стимулировать рост верхней. Чтобы осуществить это, к верхнему зубному ряду необходимо приложить постоянно действующее усилие вытягивания, а к нижней челюсти — усилие сжатия.

Комплекс для лечения гнатической формы мезиальной окклюзии состоит из лицевой маски 1 и брекет-системы 2, которые соединены эластичной тягой 3 (см. рис. 1). Брекеты прикрепляют на вестибулярной поверхности верхнего зубного ряда, а к брекетам — ортодонтическую дугу, которая связывает зубной ряд в единое целое.

Лицевая маска опирается на лоб и подбородок пациента и удерживается благодаря наличию усилия растяжения в эластичной тяге. Верхняя опора лицевой маски фиксируется относительно каркаса винтом. В средней части каркаса закреплена поперечная планка, на которую накинута эластичная резиновая тяга 3. Нижняя опора лицевой маски может свободно перемещаться относительно оси каркаса. Подвижность нижней опоры позволяет пациенту открывать и закрывать рот при надетой лицевой маске. Когда пациент открывает рот, нижняя опора перемещается вниз, к краю каркаса, а при закрывании рта — вверх.

На рис. 2 показана расчетная схема сил, действующих на каркас лицевой маски, который контактирует с нижней и верхней опорами в точках  $O$  и  $A$ . Силы, действующие на каркас лицевой маски, будем рассматривать в декартовой системе координат  $xOy$ . Ось  $y$  этой системы координат направлена параллельно касательной к каркасу в точке  $O$ . Каркас лицевой маски шарнирно крепится к верхней опоре в точке  $A$ . В точке  $A$  со стороны опоры

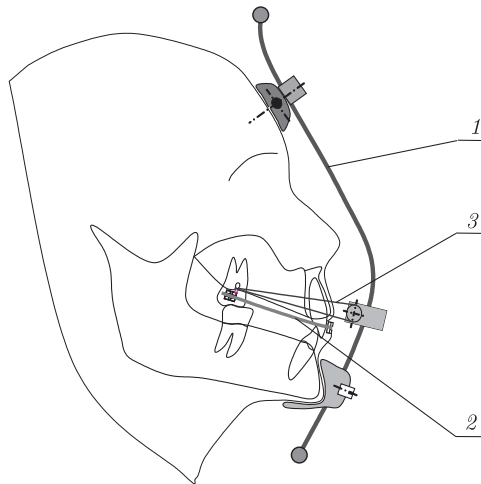


Рис. 1. Комплекс для лечения гнатической формы мезиального прикуса

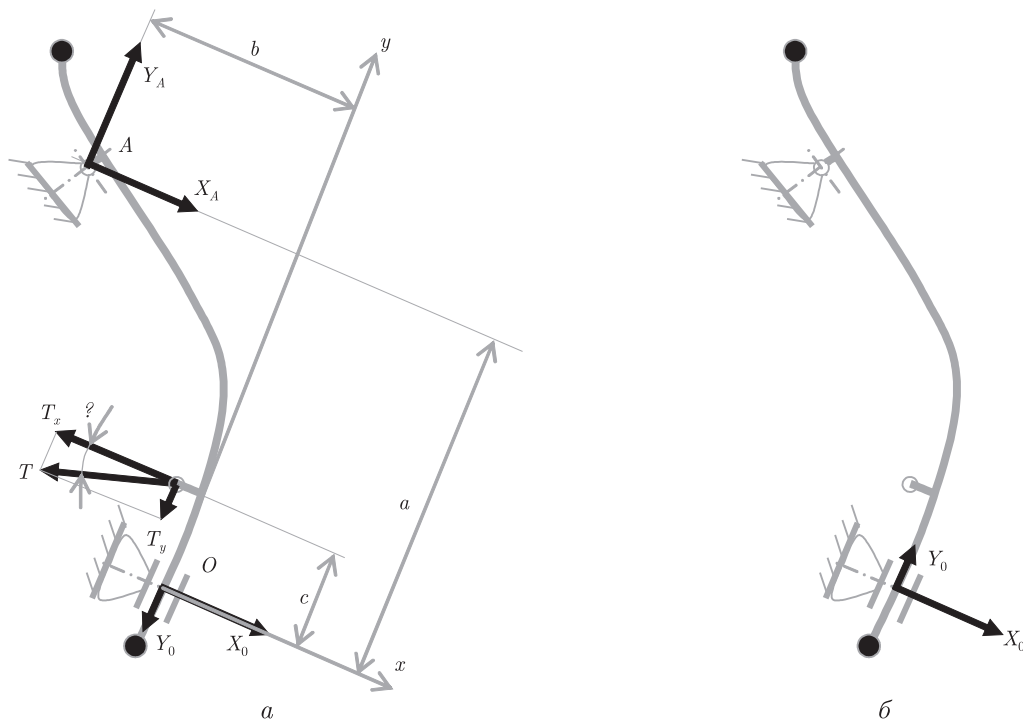


Рис. 2. Расчетная схема каркаса лицевой маски

на каркас действует опорная реакция, которую можно разложить на две составляющие, направленные параллельно осям координат, —  $X_A$  и  $Y_A$ . Со стороны нижней опоры в направлении оси  $x$  на каркас действует составляющая реакции опоры  $X_O$ . Так как в направлении оси  $y$  нижняя опора относительно каркаса перемещается свободно, то составляющая реакции нижней опоры  $Y_O$  в направлении оси  $y$  будет изменять свое направление. Реакция нижней опоры  $Y_O$  в направлении оси равна:

$$\begin{aligned}
& (kX_O), \text{ если пациент закрывает рот (рис. 2, а),} \\
& Y_O = 0, \text{ если опора не перемещается относительно каркаса,} \\
& (-kX_O), \text{ если пациент открывает рот (рис. 2, б),}
\end{aligned} \tag{1}$$

где  $k$  — коэффициент трения–скольжения каркаса относительно опоры.

Со стороны брекетов на каркас под углом  $\alpha$  к отрицательному направлению оси  $x$  действуют усилие тяги  $T$ , которое также можно разложить на составляющие, действующие вдоль осей координат,

$$T_x = T \cos \alpha, \quad T_y = T \sin \alpha \tag{2}$$

Для определения опорных реакций каркаса составим систему уравнений равновесия каркаса для случая закрывания рта пациентом (рис. 2, а). Система уравнений равновесия каркаса включает равенства сил, действующих на каркас вдоль осей  $x$  и  $y$ , а также сумму моментов всех сил, действующих в плоскости  $xOy$ :

$$\begin{aligned}
X_A + X_O &= T_x, \\
kX_O + Y_A &= T_y, \\
aX_A + bY_A &= cT_x.
\end{aligned} \tag{3}$$

Системе уравнений (3) соответствует следующее матричное уравнение:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & k & 1 \\ a & 0 & b \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_A \\ X_O \\ Y_A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \\ cT_x \end{pmatrix}, \tag{4}$$

где  $\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & k & 1 \\ a & 0 & b \end{pmatrix}$  — матрица коэффициентов системы уравнений;  $\begin{pmatrix} X_A \\ X_O \\ Y_A \end{pmatrix}$  — вектор опорных реакций;  $(T) = \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \\ cT_x \end{pmatrix}$  — вектор внешней нагрузки.

Для решения системы (3) необходимо обратить матрицу коэффициентов уравнения. Определитель матрицы коэффициентов системы уравнений (3) равен  $(a + kb)$ , а обращенная матрица коэффициентов системы уравнений имеет вид

$$\begin{pmatrix} kb & -b & 1 \\ a & b & -1 \\ -ka & a & k \end{pmatrix} / (a + kb). \tag{5}$$

Решая систему уравнений (3) относительно неизвестных реакций опор, получим следующее решение для случая, когда пациент закрывает рот:

$$\begin{pmatrix} X_A \\ X_O \\ Y_A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{(kb + c)T_x - bT_y}{a + kb} \\ \frac{(a - c)T_x + bT_y}{a + kb} \\ \frac{k(c - a)T_x + aT_y}{a + kb} \end{pmatrix}. \tag{6}$$

В случае открытия рта знак перед коэффициентом трения в (2) и (3) меняется на противоположный и реакции опор будут определяться следующими выражениями:

$$\begin{pmatrix} X_A \\ X_O \\ Y_A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{(-kb + c)T_x - bT_y}{a - kb} \\ \frac{(a - c)T_x + bT_y}{a - kb} \\ \frac{-k(c - a)T_x + aT_y}{a - kb} \end{pmatrix}. \quad (7)$$

В состоянии покоя, когда рот не двигается, усилие трения будет равно нулю, и выражение для опорных реакций примет вид

$$\begin{pmatrix} X_A \\ X_O \\ Y_A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{cT_x - bT_y}{a} \\ \frac{(a - c)T_x + bT_y}{a} \\ T_y \end{pmatrix}. \quad (8)$$

Определим силы, действующие со стороны опор маски на подбородок и лоб пациента. Для этого зададимся величинами параметров  $a, b, c, \alpha$ , которые входят в выражения (2)–(8) для конкретного клинического случая  $a = 122$  мм,  $b = 76$  мм,  $c = 32$  мм и усилием  $T = 1$  Н. Коэффициент трения – скольжения каркаса по нижней опоре примем равным  $k = 0,1$ .

Подставляя значения  $T_x, T_y, k$  и параметров  $a, b, c$  в (4)–(8), получим для ряда значений угла  $\alpha$  значения опорных реакций  $X_A, X_O, Y_A, Y_O$ . В табл. 1 представлены результаты расчета опорных реакций  $X_A, X_O, Y_A, Y_O$  (столбцы 4–7), рассчитанные для  $T = 1$  Н. Угол наклона  $\alpha$  между вектором усилия тяги и отрицательным направлением оси  $x$  представлен в третьем столбце табл. 1.

Таблица 1

№ п/п	Движение нижней челюсти	$\alpha^\circ$	$X_A, \text{Н}$	$Y_A, \text{Н}$	$X_O, \text{Н}$	$Y_O, \text{Н}$
1	Закрытие рта, формула (6)	30	-0,03	0,41	0,89	0,09
2		20	0,09	0,26	0,85	0,09
3		10	0,2	0,1	0,79	0,08
4		0	0,31	-0,07	0,69	0,07
5		-10	0,4	-0,23	0,58	0,06
6		-20	0,49	-0,39	0,45	0,05
7	Состояние покоя, формула (8)	30	-0,08	0,5	0,95	0
8		20	0,03	0,34	0,91	0
9		10	0,15	0,17	0,83	0
10		0	0,26	0	0,74	0
11		-10	0,37	-0,17	0,62	0
12		-20	0,46	-0,34	0,48	0
13	Открывание рта, формула (7)	30	-0,15	0,6	1,01	-0,1
14		20	-0,03	0,44	0,97	-0,1
15		10	0,09	0,26	0,89	-0,09
16		0	0,21	0,08	0,79	-0,08
17		-10	0,33	-0,11	0,66	-0,07
18		-20	0,43	-0,29	0,51	-0,05

Усилия  $T$  и  $X_O$ , которые направлены на исправление гнатической формы мезиального прикуса, можно назвать “полезными”. Усилие  $T$ , действующее в мезиальном направлении, создается натяжением тяги и приложено через брекеты к верхнему зубному ряду. Усилие  $X_O$ , сдерживающее рост нижней челюсти, приложено в дистальном направлении. Из таблицы видно, что усилие  $X_O$  достигает максимальных величин при максимальном угле  $\alpha$  наклона вектора  $T$ . При открывании рта усилие  $X_O$  увеличивается, а при закрывании — уменьшается.

Составляющая опорной реакции  $Y_O$  при открывании рта принимает отрицательные значения, а при закрывании — положительное. Когда нижняя челюсть не двигается, эта составляющая равна нулю. Опорная реакция лицевой маски в точке  $A$  пропорциональна усилию  $T$  и меняется в зависимости от угла  $\alpha$ . Чем больше угол  $\alpha$ , тем больше составляющая  $Y_A$  и меньше составляющая  $X_A$ . При закрывании рта составляющая  $Y_A$  уменьшается, а составляющая  $X_A$  увеличивается. Открывание рта приводит, соответственно, к увеличению составляющей опорной реакции  $Y_A$  и уменьшению составляющей  $X_A$ .

Таким образом, с помощью методов биомеханики построена математическая модель работы комплекса, состоящего из лицевой маски и брекет-системы, для лечения гнатической формы мезиальной окклюзии. Опорные реакции комплекса на лицо пациента получены для разных величин угла резиновой тяги, передающей ортодонтическое усилие к верхней челюсти. Преимуществом лицевой маски является то, что она одновременно создает два “полезных” усилия — усилие сдерживания роста нижней челюсти и усилие вытягивания верхней челюсти вперед. Усилие, создаваемое резиновой тягой и приложенное к верхнему зубному ряду, направлено мезиально, а опорная реакция, приложенная к нижней челюсти, действует в дистальном направлении. “Полезное” усилие, приложенное к нижней челюсти, увеличивается с увеличением угла наклона резиновой тяги. При открывании рта это усилие увеличивается, а при закрывании — уменьшается. Составляющая опорной реакции, действующая на подбородок вдоль касательной к каркасу, при открывании рта направлена вниз, а при закрывании — вверх. В состоянии покоя, когда нижняя челюсть не двигается, эта составляющая равна нулю. Опорная реакция лицевой маски на лоб пропорциональна усилию резиновой тяги и меняется в зависимости от его угла наклона.

Приведенная математическая модель может быть использована при планировании лечения гнатической формы мезиального прикуса пациентов.

1. *Латий А. А.* Изменения в височно-нижнечелюстном суставе при действии на нижнюю челюсть дистально направленной внеротовой тяги // *Стоматология.* – 1988. – № 2. – С. 19–21.
2. *Аникиенко А. А., Лаботкина Р. О., Богдашевская В. Б.* Цефалометрические нормативы черепа у детей 7–12 и 12–15 лет в помощь диагностике нарушений развития черепа: Методич. пособие. – Москва, 1989. – 19 с.
3. *Зарубина Е. А.* Особенности лечения мезиальной окклюзии современной несъемной ортодонтической техникой // *Актуальные пробл. ортопедич. стоматологии: Мат-лы науч.-практ. конф.* – Москва, 2002. – С. 84–88.
4. *Bishara S. E.* Textbook of Orthodontics. – W/B/Saunderscompany/. – 2001. – 592 p.
5. *Куроедова В. Д., Кулиш Н. В.* Основы техники прямой дуги. – Уч.-метод. пособие. – Полтава: Верстка, 2008. – 108 с.
6. *Григоренко О. Я., Джарбуэ М. М., Дорошенко С. И. и др.* Моделирование процесса расширения зубных дуг на основе ортодонтического устройства, оснащенного упругим элементом // *Доп. НАН України.* – 1999. – № 2. – С. 74–78.
7. *Григоренко О. Я., Дорошенко С. И., Жачко Н. І. и др.* Моделивання процесу повороту зуба при апаратурному лікуванні // *Там само.* – 1999. – № 2. – С. 74–78.

8. Григоренко Я. М., Григоренко А. Я., Тормахов Н. Н. и др. О форме зубных дуг при ортогнатической окклюзии // Там само. – 2010. – № 1. – С. 188–194.

*Институт механики им. С. П. Тимошенко  
НАН Украины, Киев  
Национальный медицинский университет  
им. А. А. Богомольца, Киев*

*Поступило в редакцию 07.11.2013*

**Академік НАН України Я. М. Григоренко, О. Я. Григоренко,  
М. М. Тормахов, Д. Ю. Шпак, П. С. Фліс**

### **Методика лікування гнатичної форми мезіального прикусу**

*За допомогою методів біомеханіки побудовано математичну модель роботи лицьової маски і визначено її опорні реакції. Опорні реакції отримані для різних величин кута нахилу вектора зусилля натягу гумової тяги, що прикладається до верхньої щелепи.*

**Academician of the NAS of Ukraine Ya. M. Grigorenko, A. Ya. Grigorenko,  
N. N. Tormakhov, D. Yu. Shpak, P. S. Flis**

### **A treatment method for the gnatic form of the mesial occlusion**

*By the methods of biomechanics, a mathematical model of the work of a facepiece is built, and its supporting reactions are determined. Supporting reactions are got for various slope angles of the force vector of a rubber pull applied to the supramaxilla.*