
БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ ОСИ ЗУБА

В.И. Шемонаев, А.В. Машков

Кафедра ортопедической стоматологии
Волгоградский государственный медицинский университет
пл. Павших Борцов, 1, Волгоград, Россия, 400131

В.В. Чернышев

Кафедра теоретической механики
Волгоградский государственный технический университет
пр. Ленина, 28, Волгоград, Россия, 400066

В.В. Вебер

ООО «ВЭБ-ЭКС»
ул. Глазкова, 15, Волгоград, Россия, 400066

Использованный комплекс биометрических, клинических и математических методов исследования и расчетов позволил разработать алгоритм определения функциональных осей зубов. Полученные данные и математические модели позволяют проводить конструирование искусственной окклюзионной поверхности таким образом, чтобы вектор жевательной нагрузки был направлен вдоль оси опорного зуба, что повышает качество ортопедического лечения и улучшает адаптацию пациента к зубным протезам.

Ключевые слова: ось зуба, окклюзионная поверхность, характерные точки контактов.

Стоматологам-ортопедам приходится сталкиваться с пациентами, жалующимися после проведенного лечения на дискомфорт в области жевательно-речевого аппарата; на трудности в адаптации к несъемным зубным протезам. В ряду причин таких состояний, на наш взгляд, стоят ошибки в конструировании рельефа искусственных окклюзионных поверхностей. Окклюзионная поверхность является базовой в восприятии зубом и пародонтом жевательных нагрузок, которые передаются как непосредственно от зубов-антагонистов (через окклюзионные контакты), так и опосредовано через пищевой комок [4, 6]. На окклюзионной поверхности жевательные силы, различные по месту приложения, по характеру и времени действия, трансформируются в результирующую нагрузку, которая и воспринимается пародонтом. Если действие силы направлено вдоль оси зуба, то «работа» зуба происходит в оптимальных условиях [3, 5, 7].

Таким образом, возникает необходимость в разработке методического подхода к определению оси зуба. Достичь этого можно, объединив биометрические методы исследования анатомо-функциональных закономерностей строения естественных зубных рядов человека и методы математического анализа. Базой для построения оси зуба должна являться его окклюзионная поверхность, поскольку именно через точки контакта, возникающие в момент окклюзии антагонизирующих пар зубов, непосредственно реализуется действие силы.

Проведенные нами исследования позволили выявить закономерности в локализации окклюзионных контактов боковых зубов и определить характерные из них по частоте встречаемости от 94,7% до 100% случаев [2]. Таким образом, стало возможным аппроксимировать окклюзионную поверхность каждого бокового зуба плоским треугольником, вершинами которого являлись наиболее часто

встречаемые окклюзионные контакты. Ось зуба строили как нормаль к этому треугольнику. Это можно сделать с достаточной точностью, посредством начертательной геометрии.

По замеренным координатам (X, Y, Z) точек характерных окклюзионных контактов MV, DV, P зуба верхней челюсти строили проекции $MV (MV_1, MV_2), DV (DV_1, DV_2), P (P_1, P_2)$. Они определяют плоскость смыкания. Переходили от задания плоскости тремя точками к заданию отрезком плоской фигуры, для чего соединяли последовательно соответствующие проекции точек $MV, DV, P (MV_1, DV_1, P_1$ — горизонтальная проекция плоскости; MV_2, DV_2, P_2 — фронтальная проекция плоскости) прямыми.

Используя известные из стереометрии признаки перпендикулярности прямой и плоскости, строили проекции направления функциональной оси зуба (n_1, n_2). Для того, чтобы прямая была перпендикулярна к плоскости $\Sigma(MV, DV, P)$, необходимо и достаточно, чтобы горизонтальная проекция прямой была перпендикулярна горизонтальной проекции горизонтали, а фронтальная проекция — к фронтальной проекции фронталы плоскости. Построения выполнялись в следующей последовательности (рис. 1).

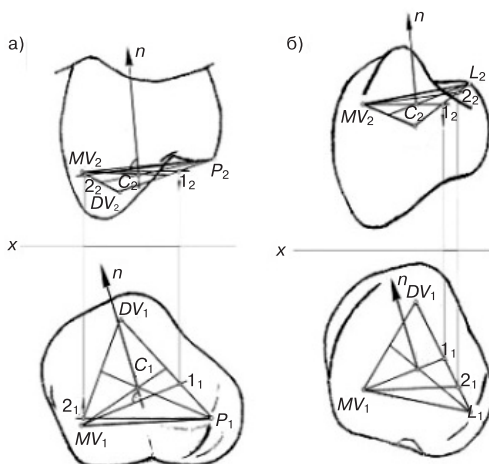


Рис. 1. Определение направления оси зуба к плоскостям проекции на примере верхнего (а) и нижнего (б) премоляра

1. Проводили к плоскости $\Sigma(MV, DV, P)$ горизонталь $h (h_1, h_2)$ — фронтальная проекция горизонтали (h_2); проводили через точку $MV (MV_2)$ параллельно оси «X» отмечали пересечение со стороной (DV_2, P_2) — 1_2 . По линиям проекционной связи определяли положение горизонтальной проекции горизонтали $h_1 (MV_1 — 1_1)$.

2. Проводили в плоскости $\Sigma(MV, DV, P)$ фронталь $v (v_1, v_2)$ горизонтальной проекции фронталы (v_1); проводили через точку $P (P_1)$ параллельно оси «X», отмечали пересечение горизонтальной проекции фронталы v_1 и стороны $MV — DV (MV_1 — DV_1)$ — точку 2_1 . По линиям проекционной связи определяли положение фронтальной проекции фронталы $v_2 (P_2 — 2_2)$.

3. Проводили перпендикуляр к плоскости $\Sigma(MV, DV, P)$ — $n(n_1, n_2)$. Исходя из того, что нас интересовало только направление функциональной оси зуба, строили проекции ее перпендикулярно к плоскости $\Sigma(MV, DV, P)$ и проходящую, допустим, через точку $MV(MV_1, MV_2)$ можно восстановить перпендикуляр к плоскости в любой точке, принадлежащей плоскости. Горизонтальную проекцию $n(n_1)$ проводили перпендикулярно горизонтальной проекции горизонтали h_1 . Фронтальную проекцию $n(n_2)$ проводили перпендикулярно фронтальной проекции фронтали v_2 .

Аналогичные построения выполняли и для соответствующего зуба антагониста на нижней челюсти — получали проекции направления оси данного зуба $n'(n'_1, n'_2)$.

Таким образом, используя методы начертательной геометрии можно решить поставленную задачу. Однако, этот метод достаточно трудоемок, что характерно для всех графических методов. Определить положение функциональной оси зуба можно и методами аналитической геометрии.

Уравнение плоскости, проходящей через 3 заданные точки $P_1(x_1, y_1, z_1)$, $P_2(x_2, y_2, z_2)$ и $P_3(x_3, y_3, z_3)$, не лежащие на одной прямой, имеет вид [1]:

$$\begin{pmatrix} x & y & z & 1 \\ x_1 & y_1 & z_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & z_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & z_3 & 1 \end{pmatrix} = 0 \text{ или } Ax + By + Cz - D = 0.$$

Коэффициенты A, B, C определяются координатами окклюзионных точек, соответственно, верхних и нижних зубов

$$A = \begin{vmatrix} y_1 & z_1 & 1 \\ y_2 & z_2 & 1 \\ y_3 & z_3 & 1 \end{vmatrix}, \quad B = \begin{vmatrix} z_1 & x_1 & 1 \\ z_2 & x_2 & 1 \\ z_3 & x_3 & 1 \end{vmatrix}, \quad C = \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \end{vmatrix}, \quad D = \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ x_3 & y_3 & z_3 \end{vmatrix}.$$

Коэффициенты A, B, C равны проекциям вектора $\mathbf{n} \equiv \{A, B, C\}$, перпендикулярного к окклюзионной плоскости. Тогда уравнение функциональной оси зуба, проходящей через центр масс $C(x_C, y_C, z_C)$ окклюзионного треугольника, параллельно вектору \mathbf{n} , может быть приведено к виду $\frac{x-x_C}{A} = \frac{y-y_C}{B} = \frac{z-z_C}{C}$, где координаты центра масс окклюзионного треугольника определяются формулами:

$$\begin{aligned} x_C &= \frac{1}{3}(x_1 + x_2 + x_3), \\ y_C &= \frac{1}{3}(y_1 + y_2 + y_3), \\ z_C &= \frac{1}{3}(z_1 + z_2 + z_3). \end{aligned}$$

Полученные аналитические выражения для окклюзионной плоскости и функциональной оси зуба позволяют решать задачу конструирования рельефа искусственных окклюзионных поверхностей без проведения громоздких графических построений.

Следующим этапом, логично завершающим комплекс биометрических исследований и математических построений, на наш взгляд, является разработка компьютерной программы. Она позволит на различных этапах лечения пациентов несъемными ортопедическими конструкциями проводить планирование и конструирование искусственной окклюзионной поверхности таким образом, чтобы вектор жевательной нагрузки был направлен вдоль оси опорного зуба. Это создаст условия для наиболее благоприятного пути передачи жевательного давления на пародонт, обеспечит нейромышечный баланс и функциональную гармонию жевательно-речевого аппарата, что в совокупности повышает качество ортопедического лечения и улучшает адаптацию пациентов к таким зубным протезам.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Корн Г., Корн Т.* Справочник по математике для научных работников и инженеров. — М.: Наука, 1970. — 720 с.
- [2] *Жуленёв Е.П., Миликевич В.Ю., Шемонаев В.И.* Воспроизведение межосевых взаимоотношений боковых зубов при конструировании искусственной окклюзионной поверхности в несъемных зубных протезах // *Стоматология для всех.* — № 3(4). — 1998. — С. 50—53.
- [3] *Копейкин В.Н.* Клинико-экспериментальное обоснование ортопедических методов лечения пародонтоза // *Дисс. ... д-ра мед. наук.* — М., 1979. — 349 с.
- [4] *Миликевич В.Ю.* Профилактика осложнений при дефектах коронок жевательных зубов и зубных рядов: *Дисс. ... д-ра мед. наук.* — Волгоград, 1984. — 401 с.
- [5] *Клинеберг И., Джагер Р.* Окклюзия и клиническая практика / Пер. с англ. — М.: МЕДпресс-информ, 2006. — 200 с.
- [6] *Хватова В.А.* Клиническая гнатология. — М.: Медицина, 2005. — 296 с.
- [7] *Шварц А.Д.* Биомеханика и окклюзия зубов. — М.: Медицина, 1994. — 208 с.

BIOMEDICAL JUSTIFICATION AND MATHEMATICAL METHODS OF TOOTH AXIS CONSTRUCTION

V.I. Shemonaev, A.V. Mashkov

Prosthetic dentistry department
Volgograd State Medical University
pl. Fallen Fighters, 1, Volgograd, Russia, 400131

V.V. Chernishev

Engineering mechanics chair
Volgograd State Technical University
Lenina pr., 28, Volgograd, Russia, 400066

V.V. Veber

WEB-EX
Glazkova str., 15, Volgograd, Russia, 400066

The complex method of biomedical, clinical and mathematical techniques and calculations helped to work out an algorithm of functional tooth axis construction. The obtained data and mathematical models contribute to effective artificial occlusal tooth surface construction in such a way that the occlusal load vector was directed along the abutment tooth axis. These methods improve quality of orthopaedic treatment and ameliorate dental prostheses adaptation.

Key words: tooth axis, occlusal tooth surface, characteristic contact points.