

Биомеханические принципы выбора зубов, имеющих различные наклоны продольных осей при конструировании зубных протезов

А. Р. Варданян, И. К. Гаспарян

ЕрГМУ им. М. Гераци, кафедра ортопедической стоматологии,
ГИУА, департамент механики и машиноведения

375025 Ереван, ул. Корюна, 2

Ключевые слова: наклон зуба, биомеханическая модель, математическая модель, протезирование, пародонт зуба

Изучение отдаленных результатов зубного протезирования различными конструкциями показало, что одной из распространенных ошибок является неправильная оценка клинического состояния зуба, которая может привести к его функциональной перегрузке, а в дальнейшем и к удалению [1, 3, 4, 8].

Как указывают некоторые авторы, для выявления механизма заболевания опорных зубов необходимо определить биомеханику пародонта при воздействии на опорные зубы доминантного фактора внешней среды, жевательной нагрузки, а также распределение возникающих при этом напряжений [1, 6].

По данным ряда авторов, весьма важным критерием, определяющим характер и величину жевательной нагрузки, передающейся на пародонт, является вертикальный наклон продольных осей опорных зубов [2, 4, 6, 7].

Клинические наблюдения показывают, что при множественном кариозном поражении окклюзионной поверхности зубов, разрушении пломбировочных материалов и, особенно, при нарушении целостности зубного ряда наблюдаются деформации различного характера, проявляющиеся в смещении зубов в различных направлениях [2-4].

В настоящее время некоторые аномалии расположения зубов устраняют путем ортодонтического и ортопедического лечения [1, 3]. С клинической точки зрения более рациональным следует считать ортодонтический метод. Однако у взрослых не все виды аномально расположенных зубов могут быть подвергнуты ортодонтическому лечению. Поэтому на практике такие зубы иногда удаляются, что не целесообразно. Более рациональным следует признать максимально возможное использование таких зубов при протезировании.

Целью нашего исследования являлось выявление максимальной величины допустимых углов отклонения, при которых еще возможно использовать такие зубы в качестве опоры под различные конструкции

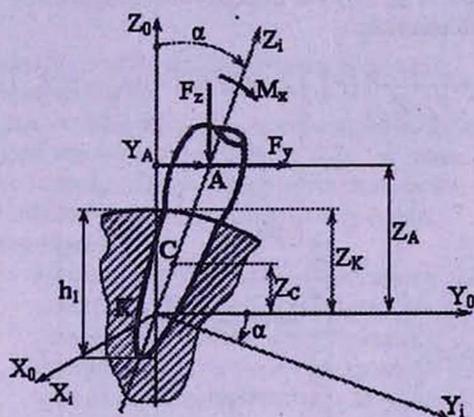


Рис.1. Схема нагружения в плоскости наклона оси зуба: h_1 - высота корневой части зуба, находящейся в лунке, C - центр сопротивления, K - центр вращения [6], Z_A и Z_C - ординаты точки приведения внешних сил и центра сопротивления, α - угол наклона оси зуба, Y_A - смещение точки A при внешней нагрузке от оси в норме

зубных протезов.

Представим биомеханическую модель зуба, нагруженного внешними силами и воздействием пародонта.

Внешняя нагрузка, приведенная к точке A , представлена \bar{F} и \bar{M} ,

где

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{F} \{F_x, F_y, F_z\} \\ \bar{M} \{M_x, M_y, M_z\} \end{array} \right\}$$

главный вектор и момент нагрузки.

Результирующая реакция в виде давления $P(Z)$ на корень зуба принята по известным расчетам зон растяжения (выше центра вращения K) и сжатия (ниже центра вращения K) со стороны действующей нагрузки и обратно с оппозиционной стороны. На рис.1 представ-

лена схема нагружения в плоскости наклона оси зуба.
Из условия равновесия зуба получаем:

$$\int_{h_1} Z \cdot P(Z) dZ = M_x + F_y Z_A + F_z Z_A \operatorname{tg} \alpha \quad (1)$$

Давление $P(Z)$ можно представить в виде функций $P(Z) = P_{\max} \cdot f(Z)$ где P_{\max} – максимальное значение давления в пародонте, $f(Z)$ – некоторая функция распределения давления.

Получаем

$$P_{\max} \int_{h_1} Z \cdot f(Z) dZ = (M_x + F_y Z_A) + F_z Z_A \operatorname{tg} \alpha \quad (2)$$

Записываем условие ограничения максимального давления $P_{\max} \leq [P]$ и определяем допустимое значение угла наклона:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{F_z \cdot Z_A} \left([P] \cdot \int_{h_1} Z \cdot f(Z) dZ - M_x - F_y \cdot Z_A \right) \quad (3)$$

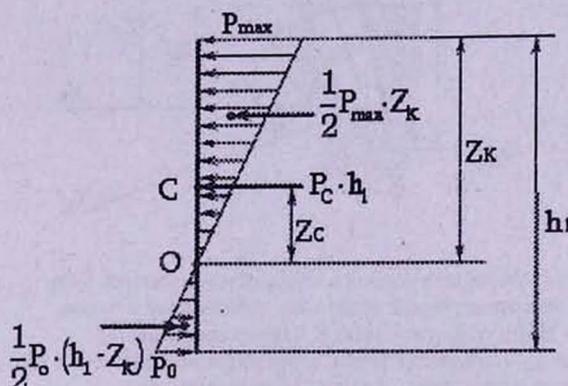


Рис. 2. Схема допустимого угла наклона зуба

В выражении допустимого угла наклона (рис. 2) фигурируют параметры, зависящие от состояния пародонта: h_1 , Z_A и $[P]$ которые определяются индивидуально.

Примем линейный закон распределения давления. Приравняв моменты давлений зон растяжения и сжатия в пародонте моменту давления (P_C) в центре сопротивления, получаем

$$P_C = P_{\max} \frac{1}{3h_1 Z_C} \left(Z_K^2 + \frac{(h_1 - Z_K)^3}{Z_K} \right)$$

Если принять $h_1 = \text{const}$ и $Z_K = \text{const}$, то P_C будет зависеть от Z_A , и при этом из условия $\frac{dP_C}{dZ_K} = 0$ получаем

$$Z_K \left[2 - 3 \left(\frac{h_1}{Z_K} - 1 \right)^2 - \left(\frac{h_1}{Z_K} - 1 \right)^3 \right] = 0$$

$$\text{Так как } Z_K \neq 0, \text{ то } \left(\frac{h_1}{Z_K} - 1 \right)^3 + 3 \left(\frac{h_1}{Z_K} - 1 \right)^2 - 2 = 0$$

Отсюда определяется $Z_K = 0.8h_1$ – координата центра вращения зуба.

При $Z_C = 0.5 \cdot h_1$ [5], получаем

$$P_C = P_{\max} \frac{1}{1.5 \cdot h_1^2} \cdot \left(0.64 \cdot h_1^2 + \frac{0.008 \cdot h_1^3}{0.8 \cdot h_1} \right) = P_{\max} \cdot 0.42$$

Расчет допустимого угла $[\alpha]$ наклона по формуле (3)

$$\operatorname{tg} [\alpha] = \frac{1}{F_z \cdot Z_A} \cdot (0.21 \cdot [P] \cdot h_1^2 \cdot b - M_x - F_y \cdot Z_A) \quad (4)$$

В выражении (4) фигурирует допустимый момент сил давления относительно центра вращения

$$M_0(P_C) = P_C \cdot h_1 \cdot b \cdot Z_C = 0.42 \cdot P_{\max} \cdot h_1 \cdot b \cdot Z_C$$

$$[M_0(P)] = 0.21 \cdot [P] \cdot h_1^2 \cdot b$$

$$(Z_C = 0.5 \cdot h_1)$$

здесь: b – усредненная величина ширины корня зуба.

По формуле (4) рассчитываются допустимые значения углов наклона зуба при заданных значениях допустимого давления $[P]$, размеров зуба h_1 , b , Z_A , а также различных экстремальных нагружений M_x и F_x .

Входные данные

№ зуба	max h_1 (мм)	b (мм)	Коронка h_2 (мм)
1	12.1	4.7	10.3
2	12.3	3.8	9.4
3	15.7	4.1	10.3
4	13.1	3.5	7.5
5	13.9	3.45	7.3

$$M_x = 0 + 0.5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$F_y = 0 + 50 \text{ Н}$$

$$F_z = 200 + 0 \text{ Н}$$

$$[P] = 2 \cdot 10^7 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

$$Z_C = 0.5h_1$$

$$Z_K = 0.8h_1$$

$$Z_A = Z(h) = Z_K + h_2$$

$$h_{\min} = 0.5h_{1\max}$$

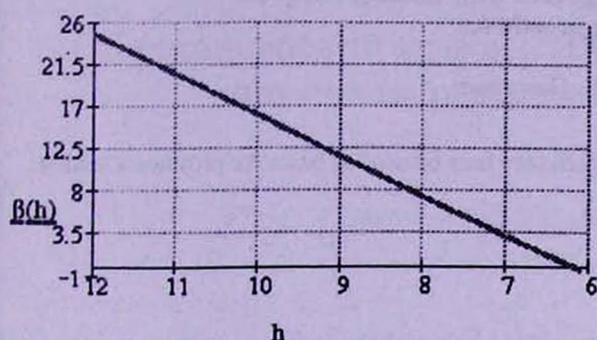


Рис. 3. Зависимость допустимого значения угла наклона оси зуба при резорбции альвеолярного отростка

По оси абсцисс: $h = h_{1\max} + h_{\min}$

По оси ординат: $\beta(h) = \frac{180^\circ \cdot \alpha(h)}{\pi}$

где $\alpha(h) = \arctan \left[\frac{0.21 \cdot [P] \cdot h^2 \cdot b - M_x - F_y \cdot Z_A}{F_z \cdot Z_A} \right] > 0$

В качестве примера выбран центральный резец (первый зуб):

$$\begin{aligned} h &= (12.1 + 6.05) \cdot 10^{-3} \text{ м}, & M_x &= 0 \\ h_2 &= 10.3 \cdot 10^{-3} \text{ м}, & F_y &= 50 \text{ Н} \\ b &= 4.7 \cdot 10^{-3} & F_z &= 200 \text{ Н} \\ Z(h) &= 0.8h + h_2 \end{aligned}$$

Из рис. 3 видно, что при отсутствии резорбции альвеолярного отростка (интактный пародонт) угол наклона оси зуба равен 26° . При увеличении атрофии костной стенки альвеол уменьшается допустимый



Рис. 4. Зависимость допустимого значения угла наклона оси зуба при резорбции альвеолярного отростка в процентах

угол наклона зуба, используемого в качестве опоры под зубные протезы.

На рис. 4 показано, что при резорбции альвеолярной кости наклоненного зуба на 50% и выше, недопустимо использование таких зубов в качестве опоры под различные ортопедические конструкции.

Таким образом:

- выявлена зависимость допустимого значения угла наклона продольной оси зуба и резорбции костной ткани стенок альвеол;
- определены величины максимально допустимых углов отклонения, при которых возможно использовать такие зубы при протезировании;
- при интактном пародонте допустимый угол наклона центрального резца равен 26° ;
- наклоненный зуб с 50% резорбцией костной ткани альвеолярного отростка не может быть использован в качестве опоры под зубные протезы.

Поступила 11.04.04

Արամների պրոթեզների կառուցավորման համար տարբեր ծռության երկայնակի առանցք ունեցող սրամների ընտրության բիոմեխանիկական սկզբունքները

Ա.Ր. Վարդանյան, Ի.Կ. Գասպարյան

Բիոմեխանիկական հետազոտումների հիման վրա որոշված է առամների մաքսիլալ թերվածության աստիճանը, որի դեպքում մնան առամները կարող են

օգտագործվել որպես հենակետ պրոթեզավորման համար:

Biomechanical principles of choosing teeth with different degree of slopes for setting prostheses

A.R. Vardanyan, I.K. Gasparyan

On the basis of biomechanical investigations it has been specified the maximum angle of slope of the teeth at

which they may be used as bases for prostheses setting.

Литература

1. *Абалмасов Х. Г. и соавт.* Ортопедическая стоматология. М., 2002.
2. *Валлеев И.В., Манианова Р.Ф., Куликов В.С.* Ж. Стоматология. 2001, 6, с. 49.
3. *Каламкаргов Х.А.* Ортопедическое лечение с применением металлокерамических протезов. М., 1996, с. 62.
4. *Киракосян В.Г.* Ортопедическое лечение зубочелюстных аномалий у взрослых. Дис. докт. мед. наук. М., 1989.
5. *Курляндский В. Ю. и др.* Словарь-справочник по ортопедической стоматологии. М., 1970.
6. *Шварц А. Д.* Биомеханика и окклюзия зубов. М., 1994.
7. *Reiber T., Buchmain F.M.* Dtsch. Stomatol., 1991, 10, p. 355.
8. *Walton T.R.* J. Prosthodont., 2002, Sept-Oct., p. 439.