

МЕТОДИКА КОНСТРУИРОВАНИЯ КЛАММЕРОВ РОУЧА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ЗАДАННУЮ РЕТЕНЦИОННУЮ СИЛУ

Л.М.Гладких, С.Е.Жолудев, В.С.Печенов,
УГМА ПГМА

Кламмеры Роуча (рис. 1) бюгельных протезов предназначены для их фиксации на опорных зубах, которая обеспечивается за счет ретенционных сил, создаваемых эластичными частями кламмеров, находящимися в зоне поднутрения опорных зубов, т.е. в зоне между межевой линией и десневым краем зуба.

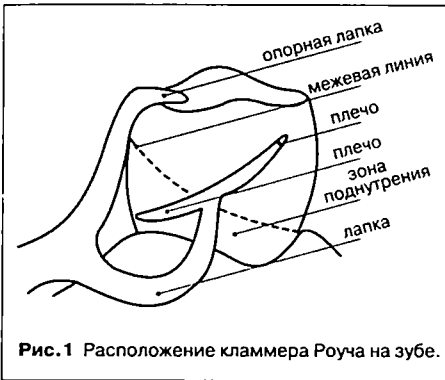


Рис. 1 Расположение кламмера Роуча на зубе.

Кламмер Роуча имеет в своей конструкции лапку, соединяющую его плечо с его телом, что придает дополнительную гибкость всей конструкции и позволяет использовать для его изготовления довольно жесткие материалы, такие, например, как кобальтхроммолибденовые сплавы (КХС). Однако кроме дополнительной гибкости лапка кламмера должна обеспечивать и достаточную жесткость, чтобы при фиксации кламмера была реализована заданная ретенционная сила. Одновременно должны выполняться условия прочности как для самой лапки, так и для плеча кламмера. Таким образом, выбор конструктивных параметров кламмеров - это сложная биомеханическая задача. Решение подобной проблемы для кламмеров Акера было предпринято А.М. Гладких с соавт. и Г.П. Сосниным [1,2].

Целью нашей работы стала разработка методики конструирования плеч и лапок кламмеров Роуча бюгельных протезов, удобной для практического использования стоматологами-ортопедами.

Материал и методы исследования.

Для определения напряженного состояния кламмера Роуча при введении и выведении протеза использовали теорию балок, нагруженных одновременно крутящим и изгибающим моментами [3]. Конструктивные параметры кламмера, обеспечивающего заданную ретенционную силу F , устанавливали по расчетной схеме (рис.2.), согласно которой лапка кламмера имеет постоянное по длине полукруглое поперечное сечение радиуса r .

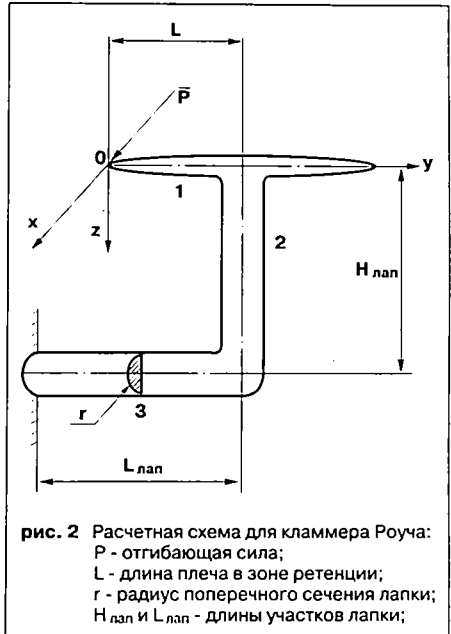


рис. 2 Расчетная схема для кламмера Роуча:
P - отгибающая сила;
L - длина плеча в зоне ретенции;
r - радиус поперечного сечения лапки;
 $H_{\text{лап}}$ и $L_{\text{лап}}$ - длины участков лапки;

Отгибающая сила P приложена к концу плеча перпендикулярно плоскости кламмера (плоскость Oxz) и направлена вдоль оси X . Полагаем, что известны следующие параметры: радиус кривизны r меридионального сечения боковой поверхности опорного зуба, длина плеча L , коэффициент трения скольжения плеча кламмера по опорному зубу f , радиус кривизны плеча кламмера в плане R , величина максимального отгиба

плеча кламмера δ_{\max} , значение допустимого напряжения $[\sigma]$. Необходимо определить радиус r поперечного сечения лапки, высоту поперечного сечения плеча кламмера в месте соединения его плеча с лапкой g , длины вертикального $H_{\text{плп}}$ и горизонтального $L_{\text{плп}}$ участков лапки.

Перемещение конца плеча кламмера δ под действием силы P складывается из перемещения, возникающего за счет изгиба плеча кламмера, $\delta_{\text{пл}}$ и перемещения, возникающего за счет деформации лапки $\delta_{\text{лап}}$:

$$\delta = \delta_{\text{пл}} + \delta_{\text{лап}} \quad (1)$$

Используя уже известные нам формулы (1) расчета величины перемещения $\delta_{\text{пл}}$ и высоты поперечного сечения плеча кламмера в месте его соединения с лапкой g , а также соотношения, связывающие величину максимальной силы P , отгибающей конец плеча кламмера, с создаваемой кламмером ретенционной силой F . [1], мы определяем перемещение лапки $\delta_{\text{лап}}$, возникающее за счет ее деформации, по формуле:

$$\delta_{\text{лап}} = \frac{P \cdot H_{\text{плп}}^2 \cdot L_{\text{лап}}}{G \cdot J_k} + \frac{P \cdot L_{\text{плп}}^2 \cdot H_{\text{плп}}}{G \cdot J_k} + \frac{P \cdot H_{\text{лап}}^3}{E \cdot I_x} \quad (2)$$

где G - модуль сдвига материала кламмера,
 E - модуль упругости материала кламмера,
 J_k - условный момент инерции поперечного сечения лапки при кручении,
 I_x - осевой центральный момент инерции поперечного сечения лапки.

Для оценки прочности лапки кламмера используем четвертую теорию прочности (потенциальной энергии формоизменения) [4], которая хорошо описывает разрушение конструкций из пластичных материалов (металлов и их сплавов), и указывает, что для предотвращения разрушения значение интенсивности нормальных напряжений σ , в наиболее нагруженной части лапки не должно превышать заданного уровня допустимых напряжений $[\sigma]$. Анализ действующих на лапку кламмера крутящих и изгибающих моментов позволяет сделать вывод, что наиболее нагруженным является переходная часть между горизонтальным и вертикальным участками лапки (см. рис.2). Конечная формула для вычисления минимально возможного радиуса поперечного сечения лапки кламмера $r_{\text{лап}}$, обеспечивающего выполнение условий прочности лапки, имеет вид:

$$r_{\text{лап}} = \left(\frac{P \cdot A}{[\sigma]} \sqrt{H_{\text{лап}}^2 + L_{\text{лап}}^2} \right)^{1/3} \quad (3)$$

где A - константа, определяемая формой поперечного сечения лапки; для полукруглого поперечного сечения $A = 5,25$.

После подстановки формулы (3) в формулу (2) и некоторых преобразований получаем соотношение для величины силы P , действующей на кламмер, удовлетворяющей и прочностным, и заданным жесткостным критериям:

$$P = \left(\frac{[\sigma]^3}{A} \right) \left(\frac{H_{\text{плп}}(b(H_{\text{плп}}L_{\text{плп}} + L_{\text{плп}}^2) + \alpha g H_{\text{плп}})^3}{E \delta_{\text{лап}} \alpha b g} \right) \frac{1}{(H_{\text{плп}} + L_{\text{плп}})^2} \quad (4)$$

где $a = G/E$;

b, g - константы, определяемые формой поперечного сечения лапки: для полукруглого поперечного сечения $b=0,11, g=0,3$.

Из соотношения (2) можно также получить соотношение для радиуса поперечного сечения лапки кламмера r :

$$r = \left(\frac{P H_{\text{плп}}(b(H_{\text{плп}}L_{\text{плп}} + L_{\text{плп}}^2) + \alpha g H_{\text{плп}})}{E \delta_{\text{лап}} \alpha b g} \right)^{1/4} \quad (5)$$

На основе данных соотношений можно предложить следующий алгоритм определения конструктивных параметров кламмеров Роуча, обеспечивающих заданную ретенционную силу:

- 1) Вычисляется величина силы P , отгибающей конец плеча кламмера и соответствующей заданной ретенционной силе F . [1];
- 2) Устанавливается высота поперечного сечения основания плеча кламмера g , и отгиб плеча кламмера за счет деформации самого плеча $\delta_{\text{пл}}$ [1];
- 3) Определяется по формуле (1) отгиб плеча кламмера за счет деформации лапки кламмера $\delta_{\text{лап}}$.
- 4) Находится по формуле (3) минимально допустимый радиус поперечного сечения лапки кламмера $r_{\text{лап}}$, обеспечивающий выполнение условия прочности лапки.
- 5) Определяется по формуле (5) радиус поперечного сечения лапки кламмера r , обеспечивающий заданный прогиб лапки $\delta_{\text{лап}}$ при найденной выше силе P .
- 6) Если выполняется условие $r > r_{\text{лап}}$, то g есть искомый радиус поперечного сечения лапки кламмера $r_{\text{лап}}$. В противном случае по формуле (4) вычисляется сила P , обеспечивающая выполнение условий прочности при заданных размерах лапки; по формуле (3) вычисляется радиус поперечного сечения лапки кламмера $r_{\text{лап}}$ и определяется величина ретенционной силы F , создаваемой кламмером с найденными параметрами.

С помощью предложенного алгоритма можно рассчитать параметры кламмера, позволяющие сохранить условия прочности и гибкости, даже в том случае, если не удается обеспечить создание заданной ретенционной силы.

Для практического применения составленного алгоритма разработана программа «КЛАММЕР» для персонального компьютера, которая реализует описанную последовательность вычислений. При расчетах пользователь может в диалоговом режиме изменять исходные данные.

ПАРАМЕТРЫ КЛАММЕРОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ЗАДАННУЮ РЕТЕНЦИОННУЮ СИЛУ

Замеры калибрами, мм (Delta/H) : 0,25/ 3;
 Радиус кривизны поверхности зуба, мм 18.13
 Радиус кривизны кламмера в плане, мм 10.00
 К-т трения скольжения кламмера по зубу 0.40

Изменение относительной высоты профиля вдоль плеча кламмера

$x/L = 0.0 \ 0.1 \ 0.2 \ 0.3 \ 0.4 \ 0.5 \ 0.6 \ 0.7 \ 0.8 \ 0.9 \ 1.0$
 $R/R_{max} = 0.00 \ 0.46 \ 0.59 \ 0.67 \ 0.74 \ 0.790 \ 0.84 \ 0.89 \ 0.93 \ 0.97 \ 1.00$

КЛАММЕР РОУЧА с лапкой полукруглого поперечного сечения

Обозначения:

- Delta - величина поднутрения;
- H - расстояние от конца плеча до межевой линии;
- R_{max} - высота прямоугольного поперечного сечения плеча в месте соединения с лапкой
- $D_{лап}$ - диаметр поперечного сечения лапки
- $H_{лап}$ - длина вертикальной части лапки;
- $L_{лап}$ - длина горизонтальной части лапки;
- D_{min} - допустимый диаметр поперечного сечения лапки для заданной силы P.

Все размеры - в мм

P- заданная ретенционная сила, равная 0.2 кг;
 L - длина плеча от конца плеча до места соединения с лапкой, равная 4.0 мм;
 * - решения, в которых не удалось достичь заданной ретенционной силы.

Конструктивные параметры плеча и лапки кламмера, для трех возможных материалов

Delta	H	R_{max}	$D_{лап}$	$H_{лап}$	$L_{лап}$	D_{min}	P кг
1. КХС							
0.25	3.00	0.54	1.12	4.0	4.0	1.41	0.09957*
0.50	4.23	0.54	0.48	4.0	4.0	1.40	0.00818*
0.75	5.16	0.53	0.31	4.0	4.0	1.38	0.00217*
2. Сплав золото-платиновый							
0.25	-	-	-	-	-	-	-
0.50	4.23	0.46	1.55	4.0	4.0	1.20	0.20000
0.75	5.16	0.46	1.28	4.0	4.0	1.19	0.20000
3. Сталь хромоникелевая							
0.25	3.00	0.71	0.46	4.0	4.0	1.84	0.00320*
0.50	4.23	0.70	0.22	4.0	4.0	1.82	0.00036*
0.75	5.16	0.69	0.14	4.0	4.0	1.80	0.00010*

рис. 3. Фрагмент протокола работы программы "КЛАММЕР"

Как видно из приведенных на рис.3 результатов, наиболее приемлемыми для изготовления кламмеров являются золото-платиновые сплавы. При достаточной прочности они обладают низким модулем упругости, что обеспечивает высокую гибкость кламмеров и позволяет сконструировать кламмеры с заданной ретенционной силой. Более того, при рассмотренной в примере длине плеча кламмера L, заданная ретенционная сила при наименьшем из отгибов конца плеча достигается даже при использовании кламмера Акера. Для данных, использованных в примере, кламмеры Роуча, изготовленные из КХС и хромоникелевой стали не обеспечивают заданной ретенционной силы из-за чрезмерной жесткости данных материалов при относительно низкой прочности. Однако можно заметить, что КХС предпочтительнее хромоникелевых сталей. При малых величинах поднутрений кламмеры из КХС выполняют достаточную для практики ретенционную силу.

В результате проведенных исследований нами разработана и реализована в виде программы "КЛАММЕР" для персонального компьютера алгоритм определения конструктивных параметров кламмеров Роуча, обеспечивающих заданную ретенционную силу.

Литература

1. Гладких Л.М, Печенов В.С., Жолудев С.Е., Няшин Ю.И. Методика конструирования плеч кламмеров Акера, обеспечивающих заданную ретенционную силу // Пермский мед. жур., №2, 1998.
2. Соснин Г.П. Бюгельные протезы. - Мн.: Наука и техника, 1981.
3. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. - М.:Наука, 1976.
4. Коллинз Дж. Повреждение материалов в конструкциях. Анализ, предсказание, предотвращение. - М.:Мир, 1984.