

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МИКРОТВЕРДОСТИ ДЕНТИНА

В современной стоматологии существует ряд альтернативных методов препарирования зуба: лазерное, аэрокинетическое, ультразвуковое препарирование, ART-методика и химико-механический метод (система CARISOLV, КАРИЛИЗИН).

Новая технология химико-механического препарирования кариозной полости, основанная на применении размягчающего пораженные ткани геля и удалении этих тканей специальными инструментами, позволяет решить проблему препарирования без хирургического вмешательства с помощью бормашины.

Применение набора гелей "Кариклинз" для химико-механического препарирования твердых тканей зуба должно увеличить адгезию стеклоиономерных цементах (СИЦ-пломбирочного материала), т.к. ее величина зависит от количества кальция в твердых тканях зуба. СИЦ связываются с зубом посредством химического соединения полиакриловой кислоты с ионами кальция гидроксиапатита. Поэтому, чем больше облитерирован дентин (опорная ткань зуба), тем больше в нем содержится кальция, а значит выше адгезия [1]. Общеизвестно, что основной химический состав дентина входят известковые соли и изменение количества кальция приводит к изменению его физико-механических свойств, в первую очередь твердость. Твердость характеризует сопротивление материала пластическим деформациям. Особенность строения и состава дентина требует особых «мягких» способов определения твердости на ограниченных поверхностях и тонких слоях (микротвердость).

Потому целью данной работы является отработка методов измерения и оценки микротвердости на границе поверхности препарированного зуба.

Наиболее распространенные методы определения твердости связаны с внедрением специального тела — индентора — в испытуемый материал с таким усилием, чтобы в материале остался отпечаток индентора. О величине твердости судят по отпечатку.

Твердость наиболее распространенный метод определения свойств материала. Это объясняется рядом причин: определения твердости являются неразрушающим методом и испытания на твердость не требуют высокой квалификации, кроме того, зная твердость, можно судить и о других механических свойствах.

Определение твердости микроскопических участков и тонких слоев (микротвердость) осуществляется вдавливанием индентора в виде алмазной пирамиды с квадратным основанием и углами между противоположными гранями $\alpha = 136^\circ$ (наконечник Виккерса). Иногда применяют алмазную пирамиду, имеющую в основании форму ромба и углы между противоположными ребрами 130° и $172^\circ 30'$ (наконечник Кнуппа). В первом случае форма отпечатка — квадрат и глубина отпечатка $h = d/7$, где h — диагональ отпечатка, во втором — ромб и $h = d/30$, где d — большая диагональ отпечатка [2]. Первый способ более удобный для оценки размера отпечатка.

Значение микротвердости при вдавливании алмазной пирамиды с квадратным основанием (по методу Виккерса) вычисляют в единицах твердости по следующей формуле

$$HV = 1,8544 \frac{P}{d^2}, \quad (1)$$

где P — нормальная нагрузка, приложенная к алмазному наконечнику, кгс;

d — среднее арифметическое значение длин обеих диагоналей отпечатка, мм.

Для измерения микротвердости вдавливанием алмазной пирамиды использовался прибор ПМТ-3М находящийся в лаборатории кафедры «Машиноведение». В приборе ПМТ-3М нагрузка индентора создается с помощью гирь, что обеспечивает по сравнению с пружинным нагружением высокую точность и стабильность значений прикладываемых нагрузок. Для измерения твердости образец (микрошлиф) устанавливают и закрепляют на приборном столике. Затем под микроскопом подбирают участок шлифа для измерения. При выборе участка, который должен находиться в центре поля зрения микроскопа, шлиф перемещают регулировочными винтами стола. Затем устанавливают груз, величина которого зависит от особенностей изучаемой структуры. Поворачивают столик на 180° (от одного упора до другого) для подведения выбранного участка образца под алмазную пирамиду. После этого медленно опускают шток с алмазной пирамидой, чтобы алмаз коснулся образца. Выдержав 5—10 сек, возвращают алмазную пирамиду, а затем и столик, в исходное положение.

Отпечатки измеряют с помощью окупярного микрометра ФОМ-2-16 с общим увеличением в 500 или 130 раз. Прибор удобен в эксплуатации, отличается высокой точностью измерений и широко применяется в научно-исследовательских работах и для производственного контроля миниатюрных деталей и тонких поверхностных слоев.

В качестве исследуемых образцов используются подготовленные микрошлифы, для чего объекты исследования заливаются в форме эпоксидным клеем марки ЭДП с последующей абразивной обработкой.

Абразивная обработка осуществляется на специальной шлифовальной установке с постепенным понижением номера абразивного зерна и последней доводочной операцией — полированием с помощью войлочного круга и пасты ГОЯ. Специальный зажим образца обеспечивает высокую параллельность поверхностей и шероховатость не ниже $Ra\ 0,32\ \mu\text{м}$.

Исходя из задач, поставленных перед экспериментальными исследованиями, методика испытаний будет состоять из следующих этапов:

- обоснование выбора количества объектов испытаний и выбора размеров выборки проведенных исследований;

- проверка достоверности результатов эксперимента;

- определение оптимальной нагрузки при испытании;

- оценка распределения микротвердости по поверхности исследуемого образца.

Проверка объективности оценки исследуемого параметра и независимости результатов измерения в выборке проводились при пробных десяти замерах микротвердости дентина неповрежденного молочного зуба.

По измеренным диагоналям и рассчитанным по формуле 1, микротвердость в единицах HV составила: 79; 78; 77; 73; 82; 74; 81; 74; 78; 76.

Среднее значения измеренного параметра (обозначим его через X), дисперсия и среднее квадратичное отклонение составят: $X_{\text{ср}}=77,2$; $S^2=9,066$; $S=3,01$.

Определение наличия в выборке грубых погрешностей осуществлялась по значениям критерия V_n :

$$V_n = \frac{1}{S} \cdot |X_{\text{ср}} - X_i|, \quad (2)$$

где $X_1 = X_{\text{min}}=73$ или где $X_1 = X_{\text{max}}=82$

Значения критерия V_n составят: $V_{H_{\text{min}}}=1,395$; $V_{H_{\text{max}}}=1,594$

Для $P=0,95$ и $m=10$ критическое значение критерия составит $V_k=2,294$ [3].

Так как $V_H < V_K$, то X_{\min} и X_{\max} не исключаем из рассмотрения, так как они не являются грубыми погрешностями.

Определение доверительного интервала для данной выборки проводим по формуле:

$$X_{\text{ср}} - t(P, m) \cdot \frac{S}{\sqrt{m}} < X_{\text{ист}} < X_{\text{ср}} + t(P, m) \cdot \frac{S}{\sqrt{m}} \quad (3)$$

Для $P=0,95$ и $m=10$ $t(P, m)=2,262$ – значение критерия Стьюдента [3].

Тогда получаем интервал: $75 < X_{\text{ист}} < 79$

Необходимое число параллельных измерений составит (при обеспечении требуемой точности $1/3$ допуска при $4S$ отклонении): $\Delta_0 = 1,3 \cdot S = 1,3 \cdot 3,01 = 3,913$.

$$\text{Тогда } m, \geq t^2(P, m) \cdot \frac{S^2}{\Delta_0^2} = 2,262 \cdot \frac{9,066}{3,913^2} = 1,34$$

То есть для достижения требуемой точности необходимо выполнить не менее 2 параллельных измерений.

Для оценки однородности и независимости выборки использовался критерий последовательных разностей:

$$T_H = \frac{C^2}{S^2}, \quad (4)$$

где S^2 – дисперсия значений, $S^2=9,066$;

C^2 – промежуточная величина:

$$C^2 = \frac{\sum_{i=1}^{m-1} (X_{i+1} - X_i)^2}{2 \cdot (m-1)}. \quad (5)$$

Критическое значение критерия последовательных разностей при $P=0,95$ и $m=10$ равняется $T_K=0,531$ [3].

Так как $C^2=15,61$ $T_H=1,722 > T_K=0,531$ дрейф размеров отсутствует, следовательно значения независимы.

Выбор оптимальной нагрузки при измерении микротвердости дентина проводился с целью получения оптимального по четкости отпечатка при минимальной внешней нагрузке. При нечетком оттиске вносится большая погрешность измерения диагонали, а при большой (избыточной) нагрузке происходит большее выдавливание материала, что также искажает результат измерения.

В качестве пробных нагрузок приняты значения 50, 100, 150, 200, 250Г (0,49; 0,98; 1,47; 1,96; 2,45Н) с пятикратным повторением замера на принятой силе и проведение испытаний на двух образцах (образец 1 и образец 2).

Результаты расчетов приведены в таблицах 1 и 2 и на рисунке 1 (где m – масса груза в граммах).

Приведенные экспериментальные данные показывают что наименьшее рассеивание микротвердости составляет: $\pm 4\text{HV}$ (нагрузка 150г.), $\pm 3,32\text{HV}$ (нагрузка 200г.) – образец 1 $\pm 5,12\text{HV}$ (нагрузка 150г.) – образец 2.

Рассеивание принято при условии нормального закона распределения значений микротвердости и зоной рассеивания $\pm 2S$ (что соответствует доверительной вероятности $P(t)=0,95$). В интервале 20...80 HV можно считать оптимальной нагрузку 150г. (1,47Н).

При оценке влияния местоположения зоны измерения дентина замеры проводились с целью определения распределения микротвердости в различных направлениях от поверхности эмали.

Минимальное расстояние между ближайшими оттисками выбиралось исходя из условия, что расстояние между центрами соседних отпечатков должны превышать размер отпечатка более чем в 2 раза. Данное условие необходимо чтобы получить максимальное число замеров на локальном участке. Принимаем это расстояние равным 0,1мм.

Все исследования проводились на образце 1. Замеры проводились в трех направлениях (двух горизонтальных - выборки 2,3 и одном вертикальном-выборка 1)

Таблица 1 - Значения микротвердости образца 1 (здоровый молочный клык)

Масса груза	Параметры микротвердости, в HV							
	1	2	3	4	5	X_{cp}	S^2	S
50	43,8	44,8	43,8	45,7	50,3	45,68	7,29*	2,70
100	50,7	74,2	66	59,12	55	61,00	86,21	9,28
150	67,8	65,8	63,8	63,8	67,8	65,8	4	2
200	69,6	69,6	69,6	67,7	65,9	68,48	2,75	1,66
250	76,2	70,6	76,2	80,25	70,6	74,77	17,22	4,15
Общее X_{cp}						63,14		
Общая S^2						119,63		
Общее S						10,93		

Таблица 2 - Значения микротвердости образца 2 (препарированный зуб)

Масса груза	Параметры микротвердости, в HV							
	1	2	3	4	5	X_{cp}	S^2	S
50	28,5	35,6	31,7	23	27,5	29,26	22,25	4,71
100	38,9	49,8	33,85	32,1	36,77	38,28	48,29	6,94
150	40,7	40,36	37,6	34,3	37,6	38,11	6,70	2,58
200	47,88	57,9	40,23	43,8	42,8	46,52	48,03	6,93
250	45,4	24,7	25,4	35,1	41,2	34,36	85,70	9,25
Общее X_{cp}						37,30		
Общая S^2						68,44		
Общее S						8,27		

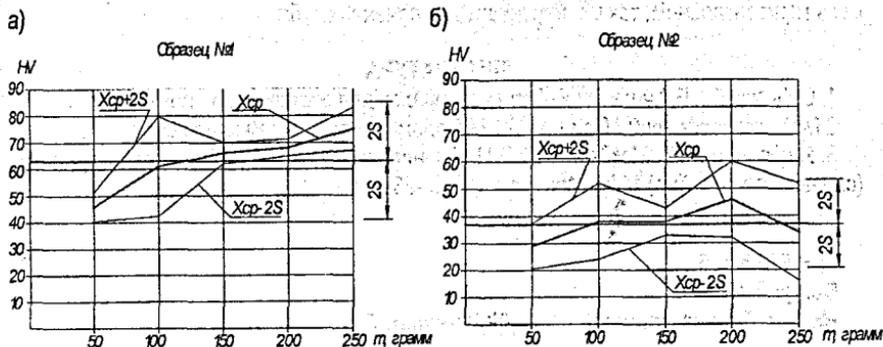


Рисунок 1 - Распределение микротвердости от нагрузки

Представленные на рисунке 2 результаты измерений показывают, что твердость эмали коронки зуба непостоянна по всей поверхности и составляет 309,6HV до 174,2 HV. Толщина ее составляет примерно 0,2...0,3 мм. Микротвердость дентина за пределами

этой зоны стабильна. Среднее значение с рассеивание для каждой из трех выборок составляет следующие величины: $53,6 \pm 19\text{HV}$; $51,0 \pm 14\text{HV}$; $45,55 \pm 10,2\text{HV}$. Причем данные значения получены на участках длиной 1мм, а на любом из коротких участков выборки длиной 0,3...0,4 мм рассеивание размеров не превышает $\pm 6,1\text{HV}$. Данная зависимость характерна для каждой из трех выборок и может быть принятой постоянной для любого из направлений.

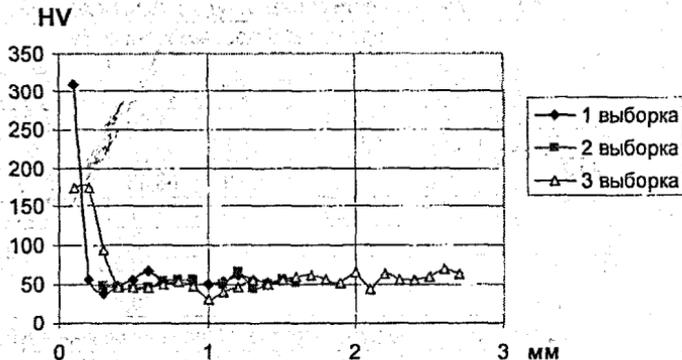


Рисунок 2- График изменения микротвердости в зоне эмаливо-дентинной границы

ВЫВОДЫ

- Проведенные испытания по определению микротвердости дентина показали следующие:
1. Для получения достоверности результатов исследования с вероятностью $P(t)=0$, необходимо проводить испытания не менее чем на двух образцах.
 2. Величина нагрузки на индентор (алмазную пирамиду) должна составлять 1Н ($1,47\text{Н}$), что обеспечивает минимальное рассеивание размеров в пределах твердости дентина $20...80\text{HV}$.
 3. Выборка должна составлять не менее 3-х замеров в одной плоскости.
 4. Рассеивание твердости дентина за зоной эмаль-дентин можно принимать постоянным как в горизонтальном, так и в вертикальном сечениях зуба.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орловский А.Б. Критерии выбора материалов для реставрации.- Киев: Кристар, 2001.- 100 с.
2. Материаловедение / Под ред. Ю.М.Соломенцева. - М.: Высшая школа, 2005.
3. Ящерицин П.И., Махаринский Е.И. Планирование эксперимента в машиностроении (справочное пособие).- Мн.: Выш. шк., 1985.-286с.

УДК 519.876.5

Бычук Т.Н.

Научный руководитель: доц. Дереченник С.С.

МЕТОД МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ КАК ЧАСТНЫЙ СЛУЧАЙ МЕТОДА ЧАСТИЦ

Развитие технологий, позволяющих изучать микроструктуру тел, привело к накоплению фактов, свидетельствующих о чрезвычайно высокой роли внутренней структуры материала в процессах, обеспечивающих его функциональное назначение. Возросший в последнее десятилетие интерес к механическим свойствам нанообъектов требует еще